

305.492

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

SCIENCES

EXACTES ET NATURELLES

PUBLIÉES PAR

LA SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES A HARLEM,

ET REDIGÉES PAR

E. H. VON BAUMHAUER

Secrétaire de la Société,

AVEC LA COLLABORATION DE

MM. D. Bierens de Haan, C. A. J. A. Oudemans, W. Koster,
C. H. D. Buijs Ballot et S. C. Snellen van Vollenhoven.

TOME XI.



HAARLEM,
LES HÉRITIERS LOOSJES,
1876.



505,492

A67

t. 11

1876

TABLE DES MATIÈRES.

Programme de la Société Hollandaise des Sciences à Harlem pour
 l'année 1875..... Pag. I—VIII.

HUGO DE VRIES, De l'influence de la pression du liber sur la structure
 des couches ligneuses annuelles..... Pag. 1.

TH. W. ENGELMANN, Sur la manière dont l'excitation se propage
 dans le muscle cardiaque..... " 51.

A. C. OUDEMANS JR., Sur la composition et la constitution de l'acide
 plumiérique..... " 70.

S. LAKO, Sur le xylénol liquide obtenu au moyen du métaxylo
 (Isoxylo)..... " 93.

H. J. VAN ANKUM, Sur la soudure des organes génitaux des oursins
 réguliers..... " 97.

A. W. M. VAN HASSELT, Histoire d'un Cocon d'araignée (*Agelena s.*
Agroeca brunnea Blackw.)..... " 117.

J. L. HOORWEG, Sur la propagation du son d'après la nouvelle théorie
 des gaz..... " 131.

P. BLEEKER, Notice sur le genre *Chaetodon* Art. (*Pomacanthus* Lac.
Cuv.) et sur la pluralité de ses espèces vivantes..... " 178.

J. A. C. OUDEMANS, Sur une meilleure méthode pour faire les mesures
 héliométriques à l'occasion d'un passage de Vénus sur le Soleil... " 186.

F. J. STAMKART, Description de la boussole d'intensité..... " 197.

————— Note sur l'emploi de la boussole d'intensité pour
 trouver la déviation de l'aiguille aimantée à bord d'un navire.... " 229.

JUN 30 1894

F. J. STAMKART, L'intensité horizontale du magnétisme terrestre...	Pag. 239.
P. BLEEKER, Systema percarum revisum.....	" 247.
———— Systema percarum revisum.....	" 289.
C. A. J. A. OUDEMANS, Contributions mycologiques.....	" 341.
TH. H. MAC GILLAVRY, Sur la digestion artificielle de la cellulose..	" 395.
F. C. DONDEERS, Essai d'une explication génétique des mouvements oculaires.....	" 401.
C. H. C. GRINWIS, Sur les ondes sonores cylindriques.....	" 458.
J. BOSSCHA, Sur l'équilibre d'une goutte entre deux plaques horizontales	" 467.
L. COHEN STUART, Sur un cas de discontinuité.....	" 476.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

DE L'INFLUENCE DE LA PRESSION DU LIBER

SUR LA

STRUCTURE DES
COUCHES LIGNEUSES ANNUELLES,

PAR

HUGO DE VRIES.

I.

Introduction.

Le fait que l'épaisseur des couches annuelles dépend de la pression que le liber a exercé sur elles lors de leur formation, est depuis de longues années si généralement connu, qu'il serait superflu de l'appuyer de nombreuses citations, tirées des écrits anciens ou modernes concernant l'accroissement en diamètre de nos arbres ¹⁾. La diminution qu'éprouve la croissance du bois lorsque le tronc ou les branches ont été entourés d'un cercle de fer, ou lorsque le chèvrefeuille les étroit de ses spires, est un phénomène que tout le monde a journellement l'occasion d'observer. D'un autre côté, on sait que les incisions longitudinales, employées comme moyen de favoriser l'accroissement en épaisseur des tiges et des branches, constituent en arboriculture une pratique courante, qui trouve surtout son application chez les arbres à fruit, et à laquelle on a aussi assez souvent recours pour la

¹⁾ Le résumé le plus complet et le plus précis des phénomènes en question se trouve dans l'ouvrage de M. Nördlinger, *Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers*, 1871.



greffe, lorsque, sans cette précaution, la greffe et le sujet se développeraient inégalement dans le sens transversal. ¹⁾ Il serait facile d'ajouter une foule d'autres observations conduisant à la même conséquence ²⁾).

Cette relation entre l'épaisseur des cercles annuels et la pression du liber est tout ce que l'on sait jusqu'ici, d'une manière certaine, au sujet de l'influence que cette pression exerce sur la croissance du bois. La possibilité que cette influence s'étende encore à d'autres propriétés que l'épaisseur est restée pour ainsi dire inaperçue. Dans toute la littérature, d'ailleurs si riche, dont l'accroissement en diamètre de nos arbres et la structure du bois forment le sujet, je ne connais qu'une couple de conjectures ayant trait à ce côté de la question.

L'une d'elles a été émise par M. Kraus, qui, après avoir parlé des expériences de Knight, rappelées dans la note ci-dessous, et des effets de la pression du liber sur le mouvement des matières nutritives dans la tige, dit: „Le bois et ses éléments ont-ils aussi quelque rapport de dépendance avec la pression du liber? C'est ce que pour le moment il est impossible de décider, bien que, d'après les expériences sus-mentionnées de Knight, relatives à l'influence de la pression du liber sur l'épaisseur des couches annuelles, la chose paraisse probable” ³⁾).

La seconde conjecture, beaucoup plus importante que cet énoncé très général, est celle de M. Sachs, suivant laquelle la différence de structure entre le bois du printemps et celui de l'automne doit être attribuée à la pression, successivement croissante durant la phase d'activité, du liber sur le cambium et sur le bois. Cette opinion a été exprimée pour la première fois par

¹⁾ Voir, entre autres, P. Sorauer, *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*, Berlin, 1874, pag. 156, 157.

²⁾ Je rappellerai, par exemple, les expériences de Knight (*Philos. Transact.*, 1803) relatives à l'influence du vent sur l'accroissement en épaisseur des arbres, et l'explication de ce phénomène donnée par Kraus (*Bot. Ztg.*, 1867 p. 132) et par Sachs (*Lehrbuch der Botanik*, 4e éd., pag. 785).

³⁾ Kraus, *Bot. Ztg.*, 1867, pag. 142.

M. Sachs dans la 1^{ère} édition de son *Lehrbuch der Botanik* (1868, p. 409.) D'après les conseils de ce savant, j'ai fait à ce sujet, dans l'été de 1871, quelques expériences, qui ont confirmé en général les vues que je viens de citer ¹⁾).

Ces expériences ont fait naître chez moi la présomption que la règle en question n'était qu'un cas particulier d'une règle plus générale, concernant l'influence de la pression du liber sur la structure des couches concentriques annuelles. Pour vérifier cette idée, j'ai exécuté, pendant les années 1872 à 1874, une longue série d'expériences dans le jardin botanique d'Amsterdam. Elles ont eu lieu d'après deux méthodes différentes: 1^o la diminution artificielle de la pression du liber, au moyen d'incisions longitudinales, et 2^o l'augmentation artificielle de la pression du liber, au moyen de l'enveloppement avec une corde mince. Outre la confirmation constante de la règle que l'épaisseur des couches annuelles dépend de la pression libérienne, mes expériences ont fourni la preuve d'une influence de cette pression sur la structure anatomique du bois. Cette influence est la même chez toutes les espèces ligneuses qui ont été soumises à l'examen; on peut la formuler dans les deux propositions suivantes:

1^o. *Le diamètre radial des fibres ligneuses dépend de la pression exercée par le liber durant leur formation; plus cette pression est grande, plus est petit le diamètre radial.*

2^o. *Le nombre et la largeur des vaisseaux qui existent dans une couche ligneuse dépendent de la pression exercée par le liber durant la formation de la couche; plus cette pression est grande plus sont petits le nombre et le diamètre des vaisseaux.*

Mon travail ne vise que les végétaux dicotylés; toutefois, la première des deux propositions énoncées s'applique aussi aux conifères.

La description des expériences dont je déduis ces propositions

¹⁾ De Vries, *Ueber den Einfluss des Druckes auf die Ausbildung des Herbstholzes*, dans *Flora*, 1872, No. 16, pag. 241; voir aussi Sachs, *Lehrbuch der Botanik*, 4e éd., 1874, pag. 784.

trouvera place dans le troisième chapitre du présent Mémoire ¹). Appuyé sur ces résultats empiriques, sur la connaissance des effets de la pression par rapport à l'épaisseur des couches annuelles, et sur celle de différents autres faits, qui seront communiqués plus loin, j'essaierai ensuite de dégager quelques-unes des lois qui régissent l'accroissement du bois; la lecture du quatrième chapitre permettra de juger jusqu'à quel point ce but a été atteint.

Pour la partie anatomique de mes recherches, les Mémoires de M. Sanio ²) m'ont été d'un grand secours. Grâce en effet à cet éminent observateur, la connaissance de la structure du bois est parvenue dans ces dernières années à un tel degré de clarté et de perfection, que l'étude physiologique de l'accroissement en épaisseur peut s'y appuyer avec confiance, comme sur une base large et solide. Pénétré de la haute valeur de ces travaux, je me conformerai à la nomenclature introduite par M. Sanio. Seulement, pour la facilité, je conserverai l'ancienne expression de *cellules* ou *fibres ligneuses*, qui comprend les deux formes distinguées par lui sous le nom de fibres libriformiennes et de trachéides fibreuses. Le fait que dans mes recherches ces deux formes ont toujours paru obéir aux mêmes lois, peut justifier ce léger écart. En outre, je réunirai les cellules-vaisseaux étroites et les trachéides vasculaires sous le premier de ces deux noms. Leur distinction n'est pas possible sur une coupe transversale, et sur une coupe longitudinale elle ne saurait être étendue à toutes les cellules; elle ne se laissait donc pas employer dans mes recherches. Cela ne constitue d'ailleurs aucun défaut réel, comme on peut s'en convaincre par les travaux mêmes de M. Sanio. Il en résulte, en effet, que ces deux formes sont soumises à des lois identiques, ou presque identiques, puisque la seconde n'est qu'une modifi-

¹) Une communication préliminaire à ce sujet a déjà été donnée dans le *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 1873—74, pag. 97—102.

²) Sanio, *Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers*, dans *Bot. Ztg.*, 1863, pag. 85; *Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers*, dans *Bot. Ztg.* 1863, pag. 357, et plusieurs autres Mémoires, de date plus ancienne ou plus récente.

cation imperforée de la première, ne se trouve jamais que dans son voisinage, et par conséquent en dépend entièrement quant à sa dispersion ¹⁾).

Je suis heureux d'offrir ici un témoignage public de ma reconnaissance à Monsieur le professeur C. A. J. A. Oudemans, d'Amsterdam, pour la bienveillance avec laquelle il a mis à ma disposition, durant mon séjour en cette ville, les plantes ligneuses du jardin botanique, et m'a autorisé à en faire tel usage que l'exigeaient mes recherches.

II.

La pression du liber et les causes de sa variabilité.

Au sujet de la tension que subit le liber de la part du corps ligneux auquel il sert d'enveloppe, nous possédons un travail circonstancié de M. Kraus ²⁾, où est démontrée l'existence de cette tension, tant dans les différentes parties de l'arbre que pendant les différentes phases de la période de croissance de la tige et des branches, et où la dépendance, qui lie l'intensité de cette tension à différentes causes, est étudiée avec soin. Il va sans dire que la pression, que le liber exerce à son tour sur le bois, est en relation intime avec cette tension, et, en général, augmente ou diminue avec elle. M. Kraus ne donne pas de valeurs absolues pour la grandeur de cette tension, mais, d'après tout ce qu'il a vu, il se croit pleinement autorisé à affirmer que les forces mises ici en jeu sont réellement énormes ³⁾.

L'expérience fondamentale qui sert à M. Kraus à rendre palpable et mesurable la tension entre le bois et le liber, ou, plus généralement, la tension transversale entre des éléments de tissus,

¹⁾ Sanio, *Bot. Ztg.*, 1863, pag. 117.

²⁾ G. Kraus, *Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen*, dans *Bot. Ztg.*, 1867, pag. 105.

³⁾ Kraus, *l.c.*, pag. 141.

est la suivante. On coupe sur une tige ou sur une branche une rondelle transversale, dont on enlève le liber sous forme d'anneau complet, mais fendu d'un côté. Si alors on remet l'anneau de liber à sa place primitive, autour du disque central, on trouve qu'il est devenu trop petit pour entourer celui-ci en entier, ses deux extrémités restant à une certaine distance l'une de l'autre. La grandeur de cette distance dépend naturellement de la rétraction que le liber a éprouvée au moment de son isolement, et elle peut par conséquent servir de mesure pour la tension dans l'état d'intégrité des parties.

Une manière encore plus simple de mettre en évidence la tension transversale consiste à pratiquer sur des branches, à l'époque de la croissance active du bois, des incisions longitudinales. Par suite de la contraction tangentielle, on voit ces incisions s'élargir immédiatement en plaies béantes.

L'intensité de cette tension transversale, selon M. Kraus, n'est maintenant la même ni dans tous les temps ni pour toutes les parties d'un arbre, mais elle éprouve des variations qui dépendent de causes diverses. Quant à la distribution locale de la tension sur la tige et les branches de l'arbre, on peut poser en général la règle suivante: L'intensité de la tension, à partir de l'extrémité des derniers rameaux, augmente successivement à mesure qu'on descend, atteint un maximum dans les branches de plusieurs années, et présente ensuite des alternatives diverses dans les branches et dans la partie coronale du tronc. Immédiatement au-dessous de la couronne, on trouve dans le tronc de nouveau un maximum, partir duquel l'intensité décroît d'une manière continue vers le bas. La cause de ces différences est cherchée par M. Kraus en partie dans l'accroissement annuel du bois, en partie dans la production du liège et dans le fendillement ou la desquamation de l'écorce. Dès la seconde année de leur existence, les rameaux de la plupart des arbres ont perdu leur épiderme, à la place duquel s'est substitué du périoderme; cette couche subéreuse est bien remplacée continuellement par des couches nouvelles, mais la faible croissance du parenchyme libérien du-

rant les premières années ne permet pas au liber, considéré dans son ensemble, de s'élargir beaucoup. D'un autre côté, l'accroissement du bois, précisément pendant ces premières années de l'existence des branches, est très considérable, et ces deux causes réunies déterminent par conséquent une augmentation notable de la tension du liber. Il suit de là un fait important pour la méthode de mes expériences, à savoir, que de jeunes branches, prises dans les années où l'accroissement en épaisseur est particulièrement actif, conviennent très bien pour l'étude expérimentale de l'influence exercée par la pression libérienne. La diminution de la tension transversale dans le tronc, du haut vers le bas, est due, suivant M. Kraus, à la production de fentes longitudinales dans l'écorce, comme chez le chêne, l'orme, le bouleau, ou à la chute de plaques d'écorce, comme chez le platane. Ces deux causes, en effet, élargissent le liber. Par suite, le maximum de la tension libérienne correspond à peu près à la limite de ces productions corticales, ce qui nous donne le moyen de déterminer approximativement, à la simple vue, le siège de cette tension maximum.

L'intensité de la tension présente ensuite une période diurne et une période annuelle. La connaissance de la première n'a aucune importance pour le but que nous nous proposons; la période annuelle, suivant M. Kraus, dépend de la température, avec laquelle s'élève ou s'abaisse la tension. La question de savoir si cette période annuelle est encore soumise à d'autres influences n'a pas été étudiée par M. Kraus. Pourtant il y a plusieurs choses dont il faut ici tenir compte, et, en premier lieu, la croissance annuelle du bois, qui doit occasionner une augmentation successive de la pression libérienne durant la période d'accroissement. Cette augmentation est, sinon la cause unique, au moins une des causes principales de l'arrêt que subit l'accroissement transversal en été ou en automne. Je déduis cette conclusion du fait que, en supprimant par des moyens artificiels, après la production normale du bois, la pression du liber, je suis parvenu, chez beaucoup d'espèces ligneuses, à faire développer de nouveau bois. Il est vrai que celui-ci ne formait généralement qu'une couche très

mince, mais le fait n'en est pas moins suffisant pour établir la conclusion ci-dessus énoncée. Les couches ligneuses assez épaisses qu'on obtient en fendant longitudinalement l'écorce *pendant* la formation du bois autumnal, couches qui sont représentées sur plusieurs de mes figures (fig. 4, 6, 7 et 9, entre *bb* et *cc.*), fournissent un autre argument en faveur de cette conclusion.

En second lieu, les anciennes fentes du liber s'agrandissent et il s'en forme de nouvelles, d'après M. Sachs ¹⁾, surtout au printemps, peu avant le début de la formation du nouveau bois. Une des causes de ce phénomène est la dilatation du corps ligneux, qui à cette époque peut absorber beaucoup d'eau puisée dans le sol, tandis qu'il ne perd que de faibles quantités d'humidité par l'évaporation, les feuilles n'étant pas encore développées. Par suite de cette dilatation du corps ligneux, le liber subit des déchirures et est élargi d'une façon définitive; lorsque ensuite, après le déploiement des feuilles, le corps ligneux se contracte de nouveau par la perte d'humidité ²⁾, la tension entre le bois et le liber doit nécessairement diminuer beaucoup. De là, par conséquent, une pression faible du liber au moment de la formation du bois printanier. L'influence des alternatives d'humidité et de sécheresse, de même que des alternatives de hautes et de basses températures, sur la production des fentes dans le liber, est d'ailleurs un fait général et bien connu des arboriculteurs ³⁾; aussi, lorsque des arbres croissent par exemple dans un sol imbibé d'eau, et que par conséquent, en l'absence de grandes variations d'humidité et de sécheresse, ils ne peuvent pas s'affranchir eux-mêmes de la pression trop forte du liber, on leur vient fréquemment en aide, dans les pépinières, en faisant des incisions longitudinales au liber, ou en y coupant de longues lanières ⁴⁾.

En considérant l'ensemble de ces diverses causes, nous pouvons

¹⁾ Sachs, *Lehrbuch der Botanik*, 1e éd., 1868, pag. 409.

²⁾ Voir, sur les variations annuelles de l'humidité du corps ligneux des arbres: Hartig, dans *Bot. Zeitg.*, 1858, p. 334, et Nördlinger, *Forstbotanik*, p. 90.

³⁾ Sorauer, *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*. Berlin, 1874, pag. 156.

⁴⁾ *Ibid.*

en déduire le tableau suivant des variations de la pression libérienne dans le cours de l'année.

L'augmentation d'épaisseur que le tronc et les branches de nos arbres éprouvent durant leur croissance distend continuellement, dans le sens tangentiel, la couche de liber qui les entoure. Le liber étant élastique, il oppose une résistance à cette distension et exerce ainsi une pression sur le cambium. Lorsque la limite d'élasticité du liber est dépassée, par suite d'une tension très forte, agissant de concert avec des variations considérables dans le degré d'humidité et de température de l'arbre et surtout des couches libériennes extérieures, cette tension disparaît partiellement, en même temps qu'il se forme des déchirures longitudinales dans les couches externes du liber. La production de ces déchirures et l'agrandissement de celles qui existaient déjà s'observent surtout au premier printemps, époque où les tiges absorbent déjà beaucoup d'eau, mais où, les bourgeons étant encore fermés, cette eau n'est pas éliminée de nouveau par les feuilles. Ainsi imbibés d'eau, le bois et les couches internes du liber se dilatent fortement, ce qui entraîne la rupture des couches externes. Bientôt les feuilles s'épanouissent et commencent à évaporer activement. Elles débarrassent ainsi le tronc et les branches de l'eau surabondante qui les pénétrait, d'où résulte une réduction de la cause productrice des fentes du liber, et par conséquent aussi un décroissement considérable de la pression du liber. C'est dans ces conditions de pression libérienne faible que commence la formation du bois. Ensuite, à raison de l'augmentation successive d'épaisseur de cette jeune couche ligneuse, la distension tangentielle des couches du liber, et conséquemment leur pression, doivent de nouveau croître de plus en plus dans le courant de l'été. Le dessèchement de la couche corticale, à cette époque, doit agir dans le même sens. Finalement, la pression exercée sur le cambium deviendra si forte, que toute croissance ultérieure sera impossible; pour les branches minces de nos arbres, cela arrive ordinairement en juillet ou en août.

Nous pouvons donc conclure ainsi:

Au printemps, au moment où le jeune bois commence à se former, la pression du liber est faible; pendant l'été elle augmente progressivement, et elle finit par devenir assez grande pour empêcher, dans les conditions alors existantes, tout nouvel accroissement du bois.

La première partie de cette proposition a déjà été énoncée par M. Sachs ¹⁾, qui s'en est servi pour expliquer la différence entre le bois printanier et le bois autumnal (Voir pag. 2). Il serait à souhaiter que les diverses considérations sur lesquelles cette proposition repose fussent soumises à une vérification expérimentale approfondie, afin que, élevée au rang de règle empirique démontrée, elle puisse être employée en parfaite sécurité dans les recherches ultérieures.

III.

Description des expériences.

1^e Série.

Formation du bois sous pression libérienne artificiellement réduite.

(Pl. I—V, fig. 1—10).

Méthode expérimentale. Pour ces expériences j'ai pris de jeunes branches (âgées de 2 — 6 ans), auxquelles je faisais, à l'époque de la croissance du bois, des incisions longitudinales. Un petit nombre de pareilles incisions, pratiquées à la même hauteur et de différents côtés, suffisaient pour amoindrir notablement, sur toute la circonférence, la pression du liber. Les jeunes branches restaient sur l'arbre jusque après la chute des feuilles; elles étaient alors coupées, et conservées en vue de l'examen microscopique.

Les incisions longitudinales formaient ordinairement des plaies béantes; leur influence sur la pression du liber et la manière dont elles se fermaient méritent d'être indiquées en premier lieu. En général, mes incisions avaient une longueur de quelques cen-

¹⁾ Sachs, *Lehrb. d. Bot.*, p. 784.

timètres, et elles étaient au nombre de 4 — 6, distribuées, à la même hauteur, sur les différents côtés de la branche. Je les plaçais à des distances différentes l'une de l'autre, afin de faire varier le degré de diminution de la pression. Plus, en effet, deux plaies seront rapprochées, plus sera complète, dans l'intervalle qui les sépare, l'abolition de la pression. Deux plaies juxtaposées recevaient une longueur double de celle des autres; une coupe transversale de la branche, faite à la hauteur où se trouvaient seulement ces deux plaies, permettait alors de comparer les résultats d'une diminution très forte et d'une diminution très faible de la pression; ces deux extrêmes étaient en outre liés entre eux par un passage insensible. Presque toujours les plaies pénétraient à travers le cambium jusque dans le bois; mais, là même où cela n'avait pas eu lieu, la diminution de la pression était encore suffisante pour produire, à un degré moindre bien entendu, les effets qui seront décrits ci-dessous.

Les plaies ainsi faites guérissent bientôt, et de la manière la plus complète lorsque l'air ambiant est humide. Dans ce cas, la fente du liber se remplit d'un tissu cicatriciel, à la formation duquel prennent part toutes les cellules vivantes du pourtour de la plaie. Dans les couches extérieures de ce tissu cicatriciel apparaît bientôt une petite couche subéreuse, qui s'unit par les bords avec le périoderme, et ferme ainsi la fente. Dans les couches profondes du callus se forme du cambium, qui se rattache également de tous les côtés au cambium normal. A l'origine, il est composé de petites cellules à section tangentielle carrée, de sorte qu'il fournit alors un tissu ligneux à cellules courtes; mais, peu à peu, ces cellules s'allongent, et elles finissent par atteindre de nouveau la longueur normale. Aux deux côtés de l'incision, il n'est pas rare non plus que le cambium éprouve une influence nuisible, par suite de laquelle ses cellules se divisent transversalement et engendrent par conséquent aussi du bois à petites cellules. Je fais remarquer que ce bois à petites cellules, produit d'un cambium anormal, a été laissé entièrement de côté dans les recherches mentionnées ci-dessous, attendu qu'il ne peut jeter

aucun jour sur les questions qui nous intéressent dans ce mémoire¹⁾.

Dès que le tissu cicatriciel, grâce à la formation d'une petite couche de liège, accompagnée du rejet des cellules externes, s'est isolé de l'atmosphère ambiante, et que ce périoderme traumatique s'est soudé de toutes parts au périoderme ancien, il doit arriver, si l'accroissement en épaisseur continue, que la tension du liber et sa pression sur le cambium augmentent de nouveau peu à peu. Sans doute, en enlevant le tissu cicatriciel, ou simplement en ravivant la plaie par une incision nouvelle, on pourrait maintenir la pression à une valeur constamment très faible; mais l'expérience m'a appris que cela était tout à fait superflu pour le but que je me proposais, de sorte que je n'ai pas eu recours à ce moyen.

Les jeunes branches soumises à mes expériences étaient presque toujours laissées en place sur l'arbre jusqu'à ce que les feuilles fussent tombées, par conséquent jusqu'à ce que les principaux actes physiologiques eussent pris fin, ou du moins eussent beaucoup perdu de leur intensité. Après cela, ces branches étaient étudiées au microscope. Un point essentiel, dans cet examen, était de pouvoir déterminer, avec une entière certitude, la limite entre le bois qui avait été formé avant l'instant de la lésion et celui qui avait pris naissance après le début de l'expérience, conséquemment sous la pression libérienne réduite. Or, cela était toujours très facile. En premier lieu, comme on le verra plus loin, la différence de structure entre le bois normal et le bois traumatique est si frappante, que, dans toute série radiale de cellules, on peut discerner la dernière de celles qui, avant l'opération, étaient déjà assez développées pour n'en plus ressentir l'effet; la cellule suivante, du côté extérieur, montre presque toujours dans sa plénitude l'influence de la réduction de la pression du liber. En second lieu, les plaies elles-mêmes fournissent l'indication désirée. La partie du tissu cicatriciel qui est située au côté interne du cambium de nouvelle formation se lignifie, et est plus tard facile à reconnaître sur les coupes, à ses cellules irrégulièrement polyé-

¹⁾ J'ai donné des renseignements à ce sujet dans le *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, VI, 25 déc. 1875, p. 53.

driques. Elle est ordinairement séparée du bois plus ancien par une ligne tangentielle bien tranchée. Souvent aussi le bois n'a pris aucune part à la production du cal; dans ce cas, il existe entre les deux tissus une fente, dont les bords sont ordinairement colorés en brun. Si l'on suppose cette fente prolongée concentriquement aux cercles annuels, la ligne qui en résulte tracera la démarcation entre le bois formé avant la lésion et celui formé après.

Lorsque, au moment où les incisions ont eu lieu, les deux lèvres de la plaie se sont fortement écartées, ce fait est aussi encore très reconnaissable à ses suites sur les sections transversales de la branche coupée en hiver. Dans ce cas, en effet, les rayons médullaires présentent, de part et d'autre de la plaie, à la limite entre le bois formé avant et après l'incision, une inflexion à angle obtus, angle dont le sommet est tourné vers la plaie; les rayons s'éloignent en quelque sorte de la plaie. Ce phénomène trouve évidemment son explication dans le déplacement des lèvres de la plaie, dû à la contraction tangentielle du liber. Là où cette inflexion existe, elle offre un caractère commode pour trouver rapidement la limite qu'on désire étudier.

L'obturation des plaies et la marche générale de l'expérience sont beaucoup moins belles lorsque l'air ambiant est si sec que la production du tissu cicatriciel n'a pas lieu, mais qu'à l'intérieur du liber existant, de part et d'autre de la plaie, il se forme une couche de liège. Cette couche touche alors d'un côté au périderme, de l'autre au bois. Dans le bois lui-même il ne peut pas se former de liège; il reste donc à nu et exposé à l'influence de l'air, qui ne tarde pas à le colorer en brun. Protégé par les petites couches de liège qui ont pris naissance, le cambium continue son travail, en croissant avec le plus d'activité aux bords de l'incision, de sorte que bientôt il pénètre de tous les côtés, sous forme de bourrelet, dans la fente de la plaie, qu'il finit par boucher. Dans la suite du développement, les deux couches de liège, qui maintenant se touchent sur une ligne radiale au milieu de l'espace précédemment béant, sont déchirées, et leurs bords se soudent l'un à l'autre; ensuite, après que le tissu libérien a aussi été comprimé et déchiré

peu à peu, les deux couches de cambium arrivent à leur tour en contact, et la fermeture de la plaie est alors complète. Quelquefois, ce résultat était déjà atteint dans le courant de l'été; d'autres fois, au moment où je coupais les branches, en hiver, les deux couches de liège ne se touchaient pas encore et la plaie était par conséquent encore ouverte. Lors de la dilacération du liège et du liber, qui doit nécessairement précéder la soudure du cambium, une partie de ces tissus reste au côté interne du nouveau cambium, et se trouve ainsi plus tard entièrement incluse dans le bois. Elle indique alors la limite entre le bois formé avant et après l'incision. Ici également, cette limite est souvent rendue encore plus apparente par une inflexion des rayons médullaires.

Les incisions longitudinales, pratiquées pour ces expériences, doivent être exactement parallèles à l'axe de la branche, et, de préférence, dirigées de manière que leur plan, prolongé, passe par cet axe. Les incisions obliques doivent être évitées. Celles-ci, en effet, peuvent être regardées comme des combinaisons d'incisions purement longitudinales avec des incisions transversales. En même temps que l'action des premières, on voit alors aussi se manifester dans les résultats l'action des secondes. Cette influence se traduit ordinairement par une petite couche de bois à structure anormale, qui s'étend, latéralement à la plaie, à peu près aussi loin que la projection de l'incision oblique sur un plan perpendiculaire à l'axe de la branche. Cette petite couche de bois est dépourvue de fibres ligneuses, aussi bien chez les espèces à libri-forme que chez celles à trachéides fibreuses. Elle se compose seulement de parenchyme ligneux et de vaisseaux; ces derniers sont étroits, et montrent ordinairement un contour quadrangulaire sur la section transversale. J'ai fait une étude détaillée de ce tissu, qui est très intéressant sous beaucoup de rapports. Les résultats de ces observations seront publiés dans le journal *Flora* (1876). ¹⁾

¹⁾ Une note préliminaire sur ce sujet se trouve dans le *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, VI, 1875—1876, p. 53.

Description des résultats obtenus avec le Corylus Avellana.

Le bois normal du *Corylus Avellana* est composé de fibres libriformiennes, de parenchyme ligneux, de vaisseaux et de trachéides vasiformes.

Le libriforme constitue la base du tissu, dans laquelle sont distribuées de nombreuses fibres de parenchyme ligneux, en séries tangentielles. Les fibres du libriforme sont ordinairement placées en séries distinctement radiales, d'où l'on peut conclure, d'après les recherches de M. Sanio ¹⁾, qu'elles dérivent des cellules du cambium sans allongement notable. La disposition radiale n'est pourtant pas tout à fait rigoureuse; en quelques endroits on remarque même, sur la coupe transversale, un arrangement irrégulier des fibres. Un manque total d'accroissement en longueur ne saurait donc être attribué à ces cellules. Les vaisseaux sont rarement disséminés; le plus souvent ils sont réunis en groupes, qui sont beaucoup plus longs dans le sens radial que dans le sens tangentiel, et qui, dans les différentes couches annuelles, sont situés sur les mêmes rayons de la section transversale. Il y a deux espèces de vaisseaux: 1^o des vaisseaux larges, ronds ou carrés sur la section transversale, et dont la largeur diminue peu à peu dans chaque couche annuelle, de dedans en dehors; 2^o des vaisseaux étroits, à coupe transversale rectangulaire, et paraissant par conséquent aplatis, qui se trouvent seulement, et à l'exclusion des autres, dans le bois autumnal. Ces derniers sont peu nombreux, attendu que le bois autumnal ne constitue ordinairement qu'une couche mince, de quelques cellules d'épaisseur. Sous le rapport de la forme, ces vaisseaux étroits ressemblent tout à fait aux trachéides vasiformes; celles-ci n'en diffèrent que par l'absence des perforations. Sur une coupe transversale, il est impossible de distinguer ces deux éléments l'un de l'autre.

Les figures 1 (*a a b b*) et 4 (*a a b b*) donnent un aperçu de la structure normale du bois de cette plante, vu sur une coupe transversale.

¹⁾ Sanio, *Bot. Ztg.*, 1863, p. 107.

Parmi les nombreuses expériences que j'ai faites sur cette espèce, en différentes années, au point de vue de l'influence d'une diminution artificielle de la pression du liber, j'en choisis trois, que je ferai connaître ici avec quelques détails. Les incisions pour ces expériences furent pratiquées en juin et en août 1872 et en mai 1873. Les branches furent coupées en novembre 1872 et 1873.

Les incisions de mai 1873 (fig. 1.) furent faites lorsqu'il s'était déjà formé une couche de bois assez épaisse. Ce bois printanier se composait de larges fibres ligneuses, entre lesquelles se voyaient des vaisseaux épars; en quelques endroits seulement, les vaisseaux avaient commencé à se réunir en groupes plus ou moins grands; ce groupement, en effet, est ordinairement mieux accusé dans les parties externes que dans les parties internes des couches annuelles épaisses. Bien que les fibres ligneuses du bois normal soient passablement larges, il est pourtant manifeste que, dans le tissu né sous l'influence de la pression libérienne diminuée, le diamètre radial des fibres est plus grand que celui des dernières fibres formées avant l'expérience; c'est ce que montre clairement la fig. 1, aux deux côtés de la ligne *b. b.*, qui marque la séparation entre le bois développé avant et après l'incision. Ce qui frappe encore beaucoup plus que cet élargissement des fibres, c'est l'augmentation considérable du nombre des vaisseaux. En général, ces vaisseaux du bois anormal montrent un contour elliptique, parce qu'eux aussi ont crû fortement dans le sens radial. Toutefois, l'élargissement dans le sens tangentiel ne manque pas non plus, chez beaucoup d'entre eux. Sur l'abondance du parenchyme ligneux, la diminution de la pression n'exerce pas d'influence sensible; la partie représentée fig. 1 montre ce parenchyme plus répandu dans le bois traumatique que dans le bois normal, mais les parties voisines de la même préparation m'ont offert tout le contraire. En ce qui concerne les rayons médullaires, la figure citée nous apprend que, dans leurs cellules aussi, le diamètre radial croît par la diminution de la pression.

Etudié sur des coupes longitudinales, le bois anormal en question a montré que ses éléments possédaient une structure tout à fait

normale; en particulier, la longueur des cellules vasculaires et des fibres ne différait pas de celle qu'on observe dans le bois ordinaire. Il semble donc inutile de décrire minutieusement sa structure telle qu'elle se présente sur des coupes soit radiales soit tangentielles.

Les figures 2 et 3 se rapportent aux expériences entreprises en juin 1872. Quant à la période où se trouvait la croissance du bois au moment de la lésion, l'examen microscopique a appris, comme on le reconnaît aussi sur les figures, que la formation du bois autumnal n'avait pas encore commencé. Les figures montrent, l'une et l'autre, un élargissement radial des fibres libri-formiennes au côté externe de la ligne *b. b.*, qui marque ici encore la limite entre le bois traumatique et le bois normal. Toutes deux montrent aussi une augmentation brusque du nombre des vaisseaux, qui, dans la fig. 2, forment un anneau dans un secteur de la coupe où, à part cela, on ne trouve pas de vaisseaux, si ce n'est au commencement de chaque couche annuelle. Dans la fig. 3, la multiplication des vaisseaux est beaucoup plus grande et ils sont plus réunis en groupes. Dans chacune de ces figures, le bois traumatique est dessiné jusqu'au cambium (*cc*); on voit ainsi comment la largeur des fibres et le nombre des vaisseaux diminuent successivement vers l'extérieur et finissent par devenir très petits dans le bois autumnal. C'est là évidemment un effet de la cicatrisation de la plaie et de l'augmentation consécutive de la pression du liber.

Les sections longitudinales ont fait voir, comme dans le cas précédent, que la structure et la longueur des cellules individuelles étaient tout à fait normales dans le bois traumatique. Pour la longueur des fibres, cela peut déjà être déduit, jusqu'à un certain point, des sections transversales, vu que la disposition de ces fibres en séries radiales, assez imparfaite d'ailleurs, s'observe au même degré avant et après le début de l'expérience.

Les incisions faites au mois d'août 1872 atteignirent le cambium à un moment où la formation du bois autumnal avait déjà distinctement commencé. Le bois traumatique est ici de nouveau composé d'éléments élargis dans le sens radial, caractère par

lequel il tranche nettement sur le bois normal. La ligne de démarcation (*b. b.* fig. 4) ressemble tout à fait à celles qui séparent les couches annuelles; toutefois, on peut ordinairement l'en distinguer dans les rayons médullaires. A la limite d'une couche annuelle, en effet, les cellules des rayons médullaires sont constamment fermées par des cloisons tangentielles, ce qui, ici, n'est pas toujours le cas. Dans le rayon médullaire représenté fig. 4 *m*, une cellule *a*, par exemple, son origine dans le bois autumnal normal, mais ne se termine que dans le bois traumatique ¹⁾. Sur la plupart des points, ce bois commence par être plus riche en vaisseaux que le bois normal qui le précède; mais, la pression libérienne croissant, il perd bientôt ce caractère. Cette influence, exercée sur les vaisseaux par la diminution artificielle de la pression, n'est toutefois pas visible dans la partie que représente notre figure. Dans le bois autumnal, on voit, fig. 4, les fibres libriformiennes aplaties, ainsi que les éléments vasculaires étroits, vaisseaux et trachéides vasculaires, également aplaties dans le sens tangentiel. Dans le bois traumatique, comme il a déjà été dit, le libriforme est à larges cellules, mais quant au groupe vasculaire, au lieu des vaisseaux et trachéides étroits, on y trouve de nouveau des vaisseaux larges et plus ou moins arrondis. La diminution artificielle de la pression empêche donc la formation des deux éléments susdits, qui, dans les conditions ordinaires, n'apparaissent également que dans le bois autumnal, c'est-à-dire, sous une pression libérienne très forte. Vers le dehors, le nouveau bois devient de plus en plus à cellules étroites et pauvre en vaisseaux, et il se termine par une zone de bois autumnal, dont la structure est entièrement conforme à celle du bois autumnal ordinaire.

Pas plus que précédemment, on n'a observé que l'expérience eût eu quelque effet sur l'arrangement des fibres ligneuses ou sur la distribution du parenchyme ligneux. Les coupes longitudinales ne conduisirent à aucune conséquence nouvelle; elles

¹⁾ Un exemple plus net de cette particularité est fourni par la fig. 9, relative à l'*Ulmus campestris*.

montrèrent seulement que la structure et la longueur des éléments du bois traumatique étaient semblables à celles des éléments du bois normal.

Il résulte des faits qui viennent d'être exposés, que la diminution artificielle de la pression du liber, soit pendant la formation du bois printanier, soit à l'époque de la naissance du bois autumnal, occasionne la production d'une couche ligneuse qui diffère du tissu ligneux antérieur, par un libriforme à cellules plus larges dans le sens radial et par des vaisseaux plus nombreux et plus larges. La formation de vaisseaux étroits et de trachéides, éléments qui ne se rencontrent que dans le bois d'automne, est temporairement empêchée par l'opération susdite.

Il est à peine nécessaire d'ajouter, que les autres préparations, non décrites, de ces mêmes branches, ainsi que les branches dont aucune mention n'a été faite, ont conduit aux mêmes résultats.

Influence de la diminution de pression sur les fibres ligneuses.

L'agrandissement, tel que nous venons de le décrire chez le *Corylus*, du diamètre radial des fibres ligneuses, sous l'influence d'une diminution artificielle de la pression du liber, est un phénomène très général. Il paraît même constituer une règle sans exception lorsque les incisions sont faites pendant ou peu de temps après la formation du bois autumnal; du moins, je n'ai pu trouver aucun écart à cette règle chez les nombreuses espèces ligneuses que j'ai soumises à l'examen. Opère-t-on à l'époque de la formation du bois printanier, alors la netteté du résultat de la diminution de la pression dépend de la grandeur normale du diamètre radial des fibres ligneuses. Plus celui-ci est petit, plus on le comprend, son accroissement sera facile à constater. L'élargissement dans le sens radial, à la suite d'incisions, est surtout très considérable chez les espèces ligneuses dans le bois normal desquelles le diamètre tangentiel des fibres surpasse le diamètre radial.

Les organes que j'ai désignés jusqu'ici par le nom de fibres ligneuses, ou de cellules ligneuses, appartiennent, d'après la nomen-

clature de M. Sanio, à deux espèces d'organes élémentaires, à savoir, les fibres libriformiennes et les trachéides fibreuses. Une troisième espèce, les fibres libriformiennes divisées transversalement („gefächert”), est très rare et n'a pas encore pu être comprise dans mon étude. Les fibres libriformiennes et les trachéides fibreuses, là où elles existent, sont les unes et les autres aplaties tangentiellement dans le bois autumnal normal. Elles se comportent aussi, d'après mes expériences, exactement de la même manière sous l'influence de la diminution de pression, car toutes deux présentent constamment, dans le bois traumatique, un diamètre radial plus grand que dans le bois normal formé antérieurement. Pour les trachéides vasculaires, cela se voit dans les figures 5 et 6, qui se rapportent au *Viburnum Opulus*. La fig. 5 montre, au côté externe de la ligne *b. b.*, l'élargissement des trachéides par la diminution artificielle de la pression libérienne à l'époque de la formation du bois printanier; la fig. 6 montre la même chose pour l'époque de la formation du bois autumnal.

Les espèces chez lesquelles j'ai observé jusqu'à présent un accroissement du diamètre radial des fibres ligneuses, lorsque les incisions étaient faites au cours de la production du bois printanier, sont les suivantes: 1°. Espèces à fibres libriformiennes: *Aesculus Hippocastanum*, *Betula alba*, *Carpinus Betulus*, *Castanea vesca*, *Corylus Avellana*, *Populus canescens*, *Rhamnus cathartica*, *Ribes nigrum*, *Salix aurita*, *Sambucus nigra*, *Tilia parvifolia*; 2°. Espèces à trachéides fibreuses: *Crataegus monogyna*, *Evonymus europaeus*, *Ligustrum vulgare*, *Pyrus Malus*, *Viburnum Opulus*.

L'accroissement du diamètre radial des fibres ligneuses par une diminution de pression opérée pendant ou après la formation du bois autumnal a déjà pu être reconnu par moi chez les espèces suivantes: 1°. Espèces à fibres libriformiennes: *Acer Pseudo-platanus*, *Aesculus Hippocastanum*, *Alnus glutinosa*, *Castanea vesca*, *Carpinus Betulus*, *Corylus Avellana*, *Magnolia Yulan*, *Morus nigra*, *Pavia* sp., *Populus alba*, *Rhamnus cathartica*, *Ribes nigrum*, *Salix cinerea*, *Salix aurita*, *Ulmus campestris*; 2°. Espèces à trachéides fibreuses: *Crataegus monogyna*, *Evonymus*

europaeus, *Fagus sylvatica*, *Ilex Aquifolium*, *Kerria japonica*, *Prunus avium*, *Prunus Padus*, *Pyrus communis*, *Sorbus Aucuparia*, *Syringa vulgaris*, *Viburnum Lantana*, *Viburnum Opulus*.

Les fibres ligneuses, après être nées aux dépens du cambium, croissent ordinairement plus ou moins dans le sens longitudinal, quelquefois même de façon à dépasser plusieurs fois leur longueur primitive. Une conséquence de ce fait, c'est que l'arrangement régulier des fibres, en séries radiales, est troublé dans la même mesure où les fibres s'allongent. A l'aide de cet arrangement, on peut donc, rien qu'à l'inspection de la coupe transversale, se faire une idée de l'accroissement longitudinal des fibres ligneuses, et étudier ainsi l'influence qu'exerce sur cet accroissement la diminution artificielle de la pression. Jusqu'ici, toutefois, je n'ai pas réussi à constater une pareille influence. L'arrangement des fibres était toujours le même dans le bois traumatique que dans le bois normal, tant chez les espèces où les fibres du bois normal n'éprouvent absolument aucun accroissement de longueur (par ex. l'*Aesculus Hippocastanum*), que chez celles où cet accroissement est faible (par ex. le *Betula alba*), ou très considérable (par ex. le *Caragana arborescens*, le *Sarothamnus vulgaris*). Là seulement où dans le bois printanier les fibres sont placées irrégulièrement et ont par suite une forme polygonale sur la coupe transversale, tandis que dans le bois autumnal elles prennent une forme quadrangulaire aplatie et sont en conséquence alignées en séries radiales, là seulement, dis-je, une influence a pu être reconnue. Dans ce cas, en effet, lorsque les incisions étaient faites après que la production du bois autumnal avait déjà commencé, il se formait un tissu ligneux à larges cellules, dont les fibres, sur une coupe transversale, étaient polygonales et placées irrégulièrement. L'arrangement régulier, dans le bois d'automne, était donc arrêté par la diminution de la pression, et il peut conséquemment être regardé comme un effet de la haute tension libérienne qui existe à l'époque de la formation ligneuse autumnale. Comme exemple, je citerai l'*Ulmus campestris*, auquel est empruntée la fig. 9, où le phénomène en

question est exprimé par le contraste des fibres situées aux deux côtés de la ligne *b. b.* Cette ligne est ici, comme dans toutes les autres figures, la démarcation entre le bois formé avant et après l'incision. A son côté interne (côté inférieur sur la figure), on voit les fibres libriformiennes aplaties; c'est le bois autumnal normal, développé avant l'institution de l'expérience. Juste à partir de la ligne *b. b.*, on trouve ensuite, vers l'extérieur, des fibres plus larges dans le sens radial, qui ont à la fois une forme polygonale et une distribution irrégulière.

Influence de la diminution de pression sur les vaisseaux.

Le fait qu'une diminution artificielle de la pression du liber augmente le nombre des vaisseaux dans le bois, est général pour toutes les espèces que j'ai étudiées jusqu'ici.

Chez beaucoup d'espèces ligneuses, les lignes de démarcation des couches annuelles sur la section transversale, vues sous un faible grossissement, se reconnaissent de suite à un cercle de larges vaisseaux, qui sont situés au commencement de chaque couche annuelle. Le reste de la couche est entièrement dépourvu de pareils cercles et est aussi, en général, plus pauvre en vaisseaux. A l'aide d'incisions longitudinales faites au liber, après qu'il s'était déjà formé une couche ligneuse plus ou moins épaisse au côté externe du cercle vasculaire susdit, j'ai réussi à provoquer, chez plusieurs arbres et arbrisseaux, la formation d'un nouveau cercle de vaisseaux, par exemple, chez les *Betula alba*, *Corylus Avellana*, *Ligustrum vulgare*, *Populus canescens*, *Prunus Padus*, *Rhamnus cathartica*, *Ulmus campestris*.

A part ce nouveau cercle de vaisseaux, le bois, dans les espèces que je viens de nommer, était plus riche en vaisseaux que celui formé avant la diminution de la pression. Dans d'autres expériences, sur les mêmes espèces, il m'arriva souvent de ne pas obtenir de cercle de vaisseaux, mais seulement un tissu ligneux plus vasculaire. Outre les espèces déjà citées, j'ai encore observé l'accroissement du nombre des vaisseaux, à la suite d'incisions

longitudinales, chez les suivantes: *Acer Pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Carpinus Betulus*, *Crataegus monogyna*, *Evonymus europaeus*, *Fagus sylvatica*, *Magnolia Yulan*, *Pavia* sp., *Populus alba*, *Salix cinerea*, *Salix alba*, *Sorbus Aucuparia*, *Syringa vulgaris*. Chez le *Ribes nigrum*, dont le bois est très vasculaire, la multiplication des vaisseaux était si considérable, qu'en certains endroits ils avaient entièrement remplacé les fibres ligneuses.

Plusieurs espèces de bois ont les vaisseaux réunis en grands groupes, qui traversent ordinairement sous forme de lignes tangentielles ou obliques la substance fondamentale du bois, composée de fibres ligneuses, et qui sont déjà reconnaissables à l'œil nu, à leur couleur blanche. Quelquefois on trouve en outre, au commencement de chaque couche annuelle, un cercle de vaisseaux; d'autres fois ce cercle manque. Les vaisseaux des groupes vasculaires diffèrent beaucoup sous le rapport du diamètre; M. Sanio donne aux formes extrêmes les noms de vaisseaux larges et de vaisseaux étroits. Dans ces groupes vasculaires se trouvent mêlées aux vaisseaux, mais ordinairement en quantité subordonnée, des trachéides vasculaires et des cellules de parenchyme ligneux. Ces deux éléments font alors défaut à la masse fondamentale, qui consiste uniquement en libriforme, à moins que les vaisseaux de la couche printanière ne soient entourés de parenchyme ligneux paratrachéen. Parmi les plantes dont le bois offre cette structure, j'ai étudié: *Caragana arborescens*, *Sarothamnus vulgaris*, *Hedera Helix*, *Rhamnus cathartica*, et *Ulmus campestris*. Chez les trois premières, le bois traumatique commençait par un groupe vasculaire tangentiel, qui s'étendait ordinairement sur une longueur considérable, et par suite touchait, du côté interne, tantôt à du tissu libriformien, tantôt à des groupes de vaisseaux. La diminution de la pression libérienne avait donc entièrement supprimé ici, pour un temps, la formation de fibres ligneuses. Les groupes vasculaires du bois traumatique étaient composés des mêmes éléments que ceux du bois normal.

Le *Rhamnus catharticus* présentait sous un autre aspect l'influence de la diminution de pression. Ici, la structure typique

de l'espèce avait entièrement disparu dans le bois traumatique, car les vaisseaux y étaient distribués d'une manière uniforme dans toute la masse ligneuse. La fig. 10 montre ce contraste très prononcé entre le bois normal et le bois en question. Dans la préparation que représente cette figure, la couche de 1872 a la structure normale; dans la couche de 1873, l'influence des incisions longitudinales a commencé immédiatement après l'achèvement du cercle de vaisseaux larges dans le bois printanier. Le nouveau bois ne montre pas de séparation en champs libriformiens et en groupes vasculaires, mais une distribution uniforme des vaisseaux entre les fibres libriformiennes.

Chez l'*Ulmus campestris* (fig. 8 et 9), on rencontre deux espèces de vaisseaux: premièrement, des vaisseaux très larges, ronds, qui forment le cercle vasculaire du bois printanier, et qui sont ou bien isolés ou bien rapprochés par 2 ou 3 en petits groupes; en second lieu, des vaisseaux plus étroits, qui, réunis en groupes avec les trachéides vasculaires, se trouvent dans le reste de la couche annuelle. Dans ces groupes vasculaires, toutes les formes intermédiaires entre les vaisseaux étroits et les vaisseaux larges sont représentées, ordinairement de telle sorte que la largeur des vaisseaux, dans chaque couche annuelle, décroît successivement de dedans en dehors. Pour ce qui regarde maintenant le bois traumatique, quelquefois il offre seulement une multiplication et un agrandissement de ces groupes vasculaires; mais, dans des circonstances favorables, on y voit apparaître un cercle de vaisseaux, qui peuvent alors égaler tout à fait en largeur ceux du cercle printanier. La fig. 8 montre au côté externe de la ligne *b. b.*, qui est la limite entre le bois formé avant et après le début de l'expérience, deux groupes de grands vaisseaux, appartenant à ce cercle surnuméraire. Ils ont la même largeur que les vaisseaux du bois printanier de la même figure. Ces larges vaisseaux sont accompagnés, tout comme ceux du bois printanier normal, de parenchyme ligneux paratrachéen. Des coupes longitudinales ont appris que les vaisseaux larges et les vaisseaux étroits du nouveau bois avaient la même structure et la même longueur des

cellules que ceux du bois normal. Chez les autres espèces ci-dessus citées, la multiplication du nombre des vaisseaux, dans le bois traumatique, va aussi ordinairement de pair avec l'augmentation de leur largeur; mais aucune, à ma connaissance, ne présente ce phénomène à un degré aussi prononcé que l'*Ulmus campestris*.

Chez quelques espèces, les vaisseaux étroits et les trachéides vasculaires se trouvent exclusivement dans le bois d'automne. Le *Corylus Avellana* et le *Carpinus Betulus* en fournissent des exemples. En ce qui concerne la première de ces plantes, j'ai déjà dit qu'une augmentation de la pression, au cours de la production du bois autumnal, occasionne la formation d'une couche ligneuse à larges cellules, à laquelle manquent les éléments qui viennent d'être nommés. La même chose s'applique au *Carpinus Betulus*, dans le bois duquel les éléments en question sont caractérisés par un épaissement très considérable de leurs parois radiales. La fig. 7 montre la coupe transversale d'une branche d'épreuve de cette espèce, branche où il s'était déjà formé, au moment où l'expérience commençait, en août 1872, une couche distincte de bois autumnal. A l'extérieur des vaisseaux étroits et des trachéides que cette couche renferme, le bois traumatique montre de nouveau des vaisseaux larges. Les éléments étroits ne reparaisent que dans la couche ligneuse autumnale par laquelle la formation du nouveau bois se termine.

Je ne suis pas parvenu, jusqu'à présent, à découvrir une influence de la diminution de pression sur la généralité de distribution du parenchyme ligneux.

2^e Série.

Formation du bois sous pression libérienne artificiellement augmentée.

(Pl. V—VIII, fig. 11—17).

Méthode expérimentale. Pour augmenter artificiellement la pression du liber sur le cambium, j'enveloppais une jeune branche, sur une longueur de 2—3 centimètres, d'un cordon mince mais

solide, roulé autour de la branche en une spire dont les circonvolutions se touchaient aussi exactement que possible. Il est très difficile, quoique à la rigueur on puisse y parvenir, de serrer le cordon assez fortement pour que la pression du liber soit augmentée de prime abord d'une manière notable. Mais, par suite de l'accroissement en épaisseur de la branche sous la ligature, la pression ne tarde pas à augmenter et commence bientôt à exercer une influence appréciable sur la croissance du bois. Il paraît que la surélévation de la pression libérienne ne grandit que lentement à mesure que l'accroissement en épaisseur fait des progrès, car souvent le bois formé sous son influence constitue des couches relativement assez épaisses. Finalement toutefois, la pression devient si forte qu'elle empêche toute croissance ultérieure. Lorsqu'on serre très énergiquement le cordon, il arrive parfois que la pression atteigne immédiatement cette limite, résultat qu'il faut naturellement tâcher d'éviter. C'est cette circonstance surtout qui rend difficile de trouver le juste degré de tension qu'il convient de donner au cordon. Suivant le but spécial de l'expérience, je posais mes ligatures soit avant la période d'activité du cambium, soit pendant cette période. Dans ce dernier cas, l'effort exercé en enroulant le cordon occasionne ordinairement un glissement tangentiel du liber, ce qui plus tard, lors de l'examen au microscope, est encore reconnaissable. Lorsque le glissement a été faible et a porté principalement sur le cambium, on voit les rayons médullaires s'infléchir tous dans une même direction, que suivent alors aussi les séries radiales des fibres ligneuses et des vaisseaux. Souvent, mais pas toujours, la ligne qui joint entre eux les points d'inflexion des rayons médullaires marque la limite du bois né avant et après la pose de la ligature. Cette limite se laisse distinguer avec beaucoup plus de netteté lorsque le glissement a atteint la petite couche de bois jeune et tendre qui, au printemps, se trouve entre le tissu ligneux déjà durci et le cambium. Il n'est pas rare de voir alors une ligne brune, ligne de démarcation, dans laquelle les rayons médullaires sont déplacés latéralement et assez souvent infléchis deux fois à angle droit. Le bois situé au côté interne de cette ligne

a été, bien entendu, formé et durci avant le début de l'expérience, tandis que le bois situé en dehors ne l'a été qu'après la pose de la ligature. Un très bel exemple de cette ligne de démarcation m'a été fourni par une ligature de l'*Alnus glutinosa*, à laquelle est empruntée la préparation représentée fig. 16; la série de cellules *b. b.*, marquée de hachures, est la ligne en question. Lorsque dans ce déplacement tangentiel du liber, qui, cela va sans dire, est accompagné d'une distension du tissu libérien, la limite d'élasticité de ce tissu est dépassée, il peut en résulter un allongement tangentiel persistant des parties du liber. Une pareille distension du liber a toutefois pour effet temporaire une diminution de la pression exercée sur le cambium, et si cette diminution n'est pas contre-balancée par l'action de la ligature, la petite couche de bois, qui vient immédiatement après la ligne de démarcation, peut présenter tous les caractères du bois formé sous pression réduite. Mais, à ce bois succède alors promptement une couche qui accuse l'influence de la pression libérienne accrue. Un exemple de ce phénomène m'a été offert, entre autres, par le *Sarothamnus vulgaris*, comme on le verra bientôt par la description et la figure (fig. 17).

Il est bon de choisir pour ces expériences des branches non-seulement vigoureuses, mais aussi autant que possible verticales ou à peu près verticales, attendu que dans les branches horizontales l'accroissement en épaisseur est généralement beaucoup plus faible, de sorte que l'action de la ligature n'y commencerait que très tard, ou même ne se ferait pas sentir du tout dans le courant de l'année.

Ordinairement les branches mises en expérience, et qui en général étaient âgées de 2—6 ans, étaient laissées sur les arbres jusqu'après la chute des feuilles et l'entier achèvement de la croissance du bois. Dans ce cas, elles étaient coupées au milieu de novembre. Mais lorsqu'il s'agissait de prouver que déjà avant l'époque de la production normale du bois d'automne un tissu semblable au bois autumnal peut se former sous l'influence d'une pression artificiellement accrue, les branches étaient coupées dans

la seconde moitié de juin, c'est-à-dire à un moment où, dans les conditions ordinaires, la formation du bois autumnal n'avait pas encore commencé. Pour chaque espèce on a toujours fait les deux sortes d'expériences.

L'appréciation des résultats obtenus par l'observation microscopique exige la comparaison constante du bois formé sous la ligature avec le bois normal de la même espèce. Pour rendre cette comparaison aussi concluante que possible, les préparations normales, qui devaient servir au contrôle, étaient toujours prélevées sur la branche même qui portait la ligature, et à quelques centimètres au-dessus ou au-dessous de cette dernière; il ne convient pas de les prendre au voisinage immédiat de la ligature, parce qu'en ce point le bois possède souvent une structure anormale, surtout lorsqu'il s'y est formé des intumescences ligneuses. Les préparations de contrôle étaient, en outre, toujours empruntées à la même couche annuelle et au même côté de la branche que les préparations d'épreuve. Cette dernière précaution est nécessaire à raison du développement inégal que présentent souvent les divers côtés d'une même branche, ainsi que l'a déjà fait remarquer, pour les branches croissant dans une direction horizontale, M. de Mohl ¹⁾.

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre ²⁾, la couche ligneuse formée sous la ligature était toujours plus mince que la même couche annuelle prise, dans la même branche, là où les conditions étaient restées normales. Souvent la différence était déjà appréciable à la simple vue. Fréquemment aussi, cette impression était renforcée par les intumescences qui se produisaient aux bords supérieur et inférieur de la ligature. Bien que la différence d'épaisseur fût souvent très considérable, et que l'écorce placée sous la ligature fût quelquefois tellement comprimée, que la branche en ce point était presque aussi cassante qu'une branche décortiquée, les feuilles et les rameaux insérés sur la branche d'épreuve, au-dessus de la ligature, n'en ressentaient pourtant nulle influence nuisible dans leur développement.

¹⁾ *Bot. Ztg.*, 1862.

²⁾ Nördlinger, *Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers*, 1871, p. 14 et suiv.

Comme preuve de l'action qu'une pression artificielle exerce sur l'intensité de la croissance du liber, je mentionnerai ici en passant que le liber et le périderme s'insinuent partout entre les spires du cordon et ne tardent pas à remplir tous les interstices qui ont pu y rester. Aussi, lorsqu'on enlève le cordon, après la fin de l'expérience, on trouve sur le périderme une image complète et fidèle de ses circonvolutions.

Je passe maintenant à la description des résultats obtenus, chez diverses espèces d'arbres, par la méthode qui vient d'être exposée.

Sambucus nigra (fig. 12 et 13). Le bois normal (fig. 13) est composé de fibres libriformiennes, entre lesquelles sont éparés les vaisseaux, isolés ou rassemblés en petits groupes. Du parenchyme ligneux paratrachéen se rencontre autour des vaisseaux, mais assez rarement. En outre, on trouve encore des trachéides vasculaires, qui sont bornées au bois d'automne, où elles se reconnaissent, sur la coupe transversale, à leur forme aplatie et à leurs parois. Toutes les fibres ligneuses renferment de la fécule en hiver.

Vers le milieu de mai 1872, une ligature fut appliquée sur un jet gourmand à croissance très vigoureuse. La branche fut coupée au mois de novembre de la même année, et étudiée au microscope. La fig. 12 est empruntée à une coupe transversale faite à l'endroit recouvert par la ligature, la fig. 13 à une coupe transversale de la même branche prise à une certaine distance de cet endroit. Les deux figures ne montrent que la partie extérieure de la couche annuelle formée en 1872. Néanmoins, on voit immédiatement une différence notable. Dans le produit normal, le bois d'automne n'a qu'une épaisseur de deux cellules; rarement il est plus épais. Jusque tout près du bois autumnal on trouve des vaisseaux, qui sont un peu moins larges que ceux compris dans les parties plus anciennes de la couche annuelle. Dans le bois qui s'est développé sous une pression libérienne artificiellement renforcée (fig. 12), on voit au contraire une couche très épaisse de fibres ligneuses aplaties, entre lesquelles il ne se trouve, dans la partie figurée, qu'un seul vaisseau. Sur d'autres points de cette couche ligneuse je n'ai également observé que des vaisseaux très clair-semés; en

outre, ils étaient toujours aplatis et très étroits, en comparaison des vaisseaux du bois normal. Sur des coupes tangentielles de ce tissu anormal j'ai, de plus, rencontré des trachéides vasculaires et du parenchyme ligneux. La disposition en séries radiales des fibres ligneuses est, par suite de l'aplatissement, mieux accusée dans le bois d'épreuve que dans le bois normal. L'aplatissement des fibres libriformiennes, le rétrécissement de la capacité interne des vaisseaux et la diminution de leur nombre sont donc ici les conséquences de la surélévation artificielle de la pression du liber.

Dans une autre expérience, sur la même espèce, la ligature fut pratiquée dans la première quinzaine d'avril, c'est-à-dire, à peu près au moment de la reprise du travail d'accroissement du bois; la branche fut recueillie à la fin du mois de juin suivant. A cette époque, la formation automnale n'avait pas encore commencé dans le bois soumis aux conditions ordinaires. Pourtant, le tissu ligneux né sous l'influence de la pression augmentée montrait des fibres libriformiennes aplaties et, en moindre nombre, des vaisseaux.

Populus canescens (fig. 44.) Le libriforme compose la masse fondamentale du bois, qui est entremêlée de nombreux vaisseaux et de parenchyme ligneux en petite quantité. Dans le bois autumnal on trouve, en outre, des fibres parenchymateuses supplémentaires (*Ersatzfasern*) et des trachéides vasculaires. Les vaisseaux sont très grands et très abondants dans le bois printanier, mais ils deviennent dans chaque couche annuelle plus petits et plus rares à mesure qu'on se rapproche de la périphérie.

Une branche entourée d'une ligature le 12 mai 1872, et coupée en novembre de la même année, montrait distinctement l'influence de l'augmentation artificielle de la pression. Les fibres ligneuses étaient aplaties dans une couche relativement épaisse; l'aplatissement n'était pas très considérable en certains endroits, mais ne pouvait pourtant pas être méconnu lorsque le tissu était comparé au bois normal de la même branche. Une diminution du nombre des vaisseaux se laissait constater çà et là, mais non partout. A une

coupe transversale de ce bois est empruntée la fig. 11, où l'on voit non-seulement le bois d'épreuve, mais aussi la partie externe de la couche annuelle normale de 1871. La comparaison avec cette couche conduit au même résultat que celle avec le bois normal de la couche de 1872, de sorte que je crois pouvoir me dispenser de donner la figure de cette dernière.

Le bois d'une ligature faite en avril et coupée à la fin de juin présentait aussi un aplatissement manifeste des fibres ligneuses, bien qu'à ce moment la formation normale du bois d'automne n'eût pas encore commencé.

Salix aurita (fig. 14 et 15). La structure du bois normal est la même que chez le *Populus canescens*.

1^{ère} ligature, de la mi-mai à la mi-novembre 1872. Le bois anormal est formé de fibres ligneuses aplaties; les vaisseaux y sont moins nombreux que dans le bois normal, et manquent même entièrement en quelques endroits. Les vaisseaux du bois anormal sont, en outre, moins larges, surtout dans les parties extérieures.

2^e ligature, de la mi-avril à la fin de juin 1872. La fig. 14 a été prise sur le bois d'épreuve, la fig. 15 sur le bois normal de la même branche, à quelques centimètres au-dessus de la ligature et au même côté que la fig. 14. Au premier coup d'œil on remarque la grande différence de largeur des deux couches ligneuses, différence due principalement à ce que le nombre des cellules qui ont pris naissance sous la pression normale a été beaucoup plus grand que celui des cellules formées, dans le même temps, sous la ligature. Une comparaison attentive montre que les fibres libriformiennes de la couche externe du bois de la fig. 14 ont, en moyenne, un diamètre radial plus petit que celui des fibres ligneuses correspondantes de la fig. 15. Les deux vaisseaux qui, dans la fig. 14, n'ont pas été formés dès le premier début de la production ligneuse, sont aussi moins larges que les vaisseaux correspondants de la fig. 15.

La grande différence d'épaisseur est cause que le nombre relatif des vaisseaux ne se laisse pas apprécier exactement.

Alnus glutinosa (fig. 16). La formule de la structure ligneuse est, d'après M. Sanio: $hp + r + l + t + g$, c'est-à-dire, que le bois est composé de parenchyme ligneux, de parenchyme supplémentaire, de fibres libriformiennes, de trachéides et de vaisseaux. Le libriforme constitue la masse fondamentale, dans laquelle sont distribués de nombreux vaisseaux et une grande quantité de parenchyme ligneux, tant paratrachéen qu'ordinaire. Les trachéides, qui sont des cellules vasculaires non perforées, se rencontrent, de même que les fibres supplémentaires, uniquement dans le bois autumnal. Le bois de l'*Alnus* est remarquable par sa grande richesse en parenchyme ligneux, lequel se distingue d'ailleurs facilement, aussi sur les coupes transversales, à ce qu'il renferme, tout comme les rayons médullaires, une matière qui se colore en brun rougeâtre au contact de l'air. A cette couleur brun rougeâtre les cellules du parenchyme ligneux sont reconnues d'une manière certaine sous le microscope, même avec un grossissement faible.

Une ligature ayant été faite en mai et la branche coupée en novembre, l'examen microscopique fit constater l'existence d'une épaisse couche ligneuse à fibres aplaties. Comme les fibres du bois normal, sur une coupe transverse, sont très larges jusqu'au bois d'automne, et que ce bois autumnal lui-même ne forme qu'une couche épaisse de 2—3 cellules, le contraste de l'aplatissement est très saillant. La fig. 16 donne l'occasion de comparer le bois d'épreuve avec le bois printanier normal de la même couche annuelle (1872) et avec les parties externes de la couche annuelle précédente (1871). La différence est si marquée, que je crois inutile de figurer aussi la coupe transversale de la couche normale de 1872. Les vaisseaux sont rares dans le bois d'épreuve, et, là où ils existent, étroits; en beaucoup d'endroits ils sont complètement défaut. Quelques trachéides vasculaires ont aussi été vues dans la couche externe du bois d'épreuve. Le parenchyme ligneux, par contre, est à peu près aussi abondant dans le bois d'épreuve que dans le bois normal. Les fibres libriformiennes du bois d'épreuve sont plus distinctement placées en séries radiales que celles du bois normal.

Le démarcation entre les couches ligneuses formées avant et après l'application de la ligature mérite encore de nous arrêter un instant. Elle se présente sous l'aspect d'une ligne brune, dans laquelle les rayons médullaires sont un peu refoulés latéralement et, en outre, un peu élargis, quoique cet élargissement ait cessé très vite. Ainsi que nous l'avons déjà dit, la production de cette ligne est due à un déplacement tangentiel du liber et du cambium, opéré lors de l'enroulement du cordon. Le cambium n'a pas souffert de ce déplacement, comme nous l'apprennent les coupes transversales et, mieux encore, les coupes tangentielles, qui montrent que les cellules du nouveau bois ont une longueur tout à fait normale, et que par conséquent il n'y a pas eu de divisions transversales dans le cambium. Le même résultat, du reste, a aussi été fourni par les coupes tangentielles du bois en question des autres espèces étudiées, et c'est là une condition nécessaire, attendu que, en cas de divisions transversales dans le cambium, la force démonstrative des faits observés sur les coupes transversales s'évanouirait, ou du moins deviendrait insuffisante.

Sarothamnus vulgaris (fig. 17). Il fournit un bel exemple de la structure caractéristique du bois des Papilionacées. Les vaisseaux sont ici réunis en groupes étroits, qui, sur la coupe transversale, se dirigent obliquement, du côté interne de chaque couche annuelle à son côté externe. Dans la figure 17, où l'on voit le bois normal de la couche annuelle 1871, les groupes vasculaires sont marqués de hachures, tandis que les champs libriformiens qui les séparent sont restés en blanc. Des branches transversales réunissent ces groupes vasculaires en un réseau assez régulier, qui est visible, sous forme de lignes blanches, à l'œil nu. Outre les vaisseaux, on trouve dans ces groupes, en proportion subordonnée, des trachéides vasculaires, du parenchyme ligneux et des fibres parenchymateuses indivises. Les mailles du réseau sont remplies d'un tissu ligneux composé exclusivement de fibres libriformiennes, tandis que dans les groupes vasculaires on ne rencontre jamais de ces fibres. Par suite de leur allongement considérable, ces fibres ligneuses sont distribuées très irrégulièrement sur les coupes transversales

et y présentent une forme polygonale. Même lorsqu'elles se trouvent dans le bois autumnal, elles conservent généralement ces caractères. Les vaisseaux des groupes vasculaires sont de deux espèces; les uns larges, ronds sur la coupe transversale, répartis surtout au commencement de la couche annuelle et devenant vers l'extérieur moins larges et plus rares; les autres étroits, carrés sur la coupe transversale, et qui ne se distinguent des trachéides que par la présence de perforations à l'extrémité de leurs cellules. Au sujet de la structure générale des couches annuelles, il faut encore remarquer que dans la partie interne de chaque couche les groupes vasculaires occupent un espace relatif beaucoup plus grand que dans la partie externe; et que leur direction oblique ne devient bien évidente que dans cette dernière.

Dans la fig. 17, ainsi qu'il a été dit, la couche annuelle 1871 est formée normalement et peut par conséquent servir de terme de comparaison pour la couche de 1872, dont la partie externe a crû sous une pression libérienne artificiellement augmentée. La ligature, appliquée en mai 1872, fut fortement serrée, et a par suite donné partout naissance à une ligne de démarcation bien tranchée, qui toutefois n'est pas visible dans la figure, à cause du faible grossissement auquel celle-ci est dessinée. En dehors de cette ligne de démarcation (fig. 17 *b. b.*), qui coupe transversalement les groupes vasculaires et les champs de libriforme, se trouve une couche continue de tissu vasculaire, telle qu'elle se forme à la suite d'un *abaissement* subit de la pression libérienne et qu'elle a été décrite ci-dessus (Chap II, 1^{re} section). Il faut donc admettre que l'application de la ligature a eu ici pour premier effet une diminution de la pression, ce qu'il est facile d'expliquer en supposant que la limite d'élasticité du tissu libérien, distendu tangentiellement par la traction du cordon, a été dépassée. A cette couche en succède une autre, dans laquelle des groupes vasculaires alternent avec du tissu libriformien; ordinairement, toutefois, les groupes vasculaires sont peu développés, minces et placés non pas obliquement, mais tangentiellement. Vient enfin la couche extérieure, qui est née sous la pression la plus élevée. En beaucoup d'endroits

elle se compose uniquement de libriforme, sans aucune trace des éléments des groupes vasculaires. Sur d'autres points, on y voit de petites bandes tangentielles de tissu vasculaire, mais qui sont toujours isolées et à d'assez grandes distances l'une de l'autre. Les vaisseaux de ces groupes offrent sur la coupe transversale une forme rectangulaire, aplatie dans le sens tangentiel. Le libriforme de cette couche est distribué, sur la coupe transversale, tout aussi irrégulièrement que celui du bois normal, mais les cellules sont moins larges. Dans ses parties externes, toutefois, il montre souvent des séries radiales, formées de 3—6 cellules aplaties dans le sens tangentiel et reconnaissables pour fibres libriformiennes à leurs parois épaissies.

La branche qui a fourni la préparation de la fig. 17 fut coupée en novembre 1872. Tout ce qu'il y a encore à noter à son égard, c'est que la structure de la couche annuelle normale de 1872 concordait entièrement avec celle de la couche 1871, de sorte que, sous ce rapport aussi, la comparaison mutuelle des deux parties de la fig. 17 est parfaitement légitime.

Des résultats semblables, bien que naturellement moins complets, m'ont été donnés par une branche soumise à la ligature en avril et coupée à la fin de juin.

Le *Caragana arborescens*, dont le bois possède une structure fondamentalement la même que celle du *Sarothamnus*, m'a aussi conduit aux mêmes conclusions expérimentales.

Autres espèces. Les résultats généraux fournis par les expériences que je viens de décrire en détail ont encore trouvé une confirmation chez quelques autres espèces, dont je me contenterai toutefois de citer le nom.

Des fibres libriformiennes aplaties à la suite d'une élévation artificielle de la pression du liber ont été observées, en couches épaisses, dans des branches coupées à la mi-août ou à la mi-novembre, chez les espèces suivantes: *Acer Pseudoplatanus*, *Ailanthus glandulosa*, *Fraxinus excelsior*, *Morus nigra*, *Pavia* sp., *Populus alba* et *Salix cinerea*. Sur des branches coupées en juin, avant la formation du bois normal, j'ai constaté cet aplatissement

chez les *Corylus Avellana*, *Prunus Padus*, et *Aesculus Hippocastanum*.

Le fait que, dans les mêmes circonstances, des trachéides vasculaires subissent aussi un aplatissement tangentiel, a été confirmé par une expérience sur le *Sorbus aucuparia* (ligature appliquée en avril 1872, enlèvement de la branche en juin 1872).

La diminution du nombre des vaisseaux par l'augmentation artificielle de la pression libérienne a été constatée chez les *Fraxinus excelsior*, *Ribes nigrum* et *Sorbus Aucuparia*, dans des branches d'épreuve coupées avant le mois de juillet. De même elle a été reconnue, dans des branches d'épreuve recueillies après l'achèvement de la croissance normale du bois, chez les *Acer Pseudoplatanus*, *Evonymus europaeus*, *Aesculus Hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Pavia* sp., *Populus alba*, *Ribes nigrum*, *Pyrus communis* et *Salix cinerea*.

Dans aucune de ces expériences je n'ai observé une influence de la pression sur la quantité relative du parenchyme ligneux.

IV.

Résultats déduits des expériences décrites dans le chapitre précédent.

La description détaillée des expériences, donnée dans le chapitre précédent, a fait voir que toutes les espèces d'arbres et d'arbrisseaux examinées subissent dans la structure de leur bois, sous l'influence d'une altération artificielle de la pression du liber, des changements essentiellement les mêmes, et que les différences, s'il y en a, sont seulement quantitatives ou n'ont rapport qu'à des points secondaires. Nous pouvons donc résumer ces résultats en propositions générales, applicables à toutes les espèces étudiées, et, vu le nombre et la diversité de celles-ci, nous sommes en outre autorisés à admettre que ces règles se trouveront vraies

aussi pour les autres arbres et arbrisseaux dicotylés, indigènes ou cultivés dans notre climat.

Voici, présentées sous une forme purement empirique, les principales conséquences auxquelles conduit notre travail.

A. Pour la première série :

1°. Sous une pression libérienne artificiellement diminuée, il se forme, dans toutes les phases de la croissance du bois, une couche ligneuse dont les fibres libriformiennes et les trachéides vasculaires possèdent un plus grand diamètre radial que celles du bois développé peu de temps auparavant.

2°. Sous une pression libérienne artificiellement diminuée, il se forme, dans toutes les phases de la croissance du bois, une couche ligneuse contenant plus de vaisseaux et ordinairement des vaisseaux plus larges que la précédente.

Pour l'interprétation exacte de ces énoncés, il est nécessaire de se rappeler que le diamètre radial des fibres libriformiennes et des trachéides vasculaires, ainsi que le nombre des vaisseaux, diminuent successivement, quoique souvent avec beaucoup de lenteur, de dedans en dehors dans chaque couche annuelle. Quelquefois seulement il y a, sous ces divers rapports, uniformité dans toute l'étendue d'une couche d'une certaine épaisseur ; mais jamais, dans le bois normal, il n'y a augmentation de dedans en dehors.

B. Pour la seconde série :

3°. Sous une pression libérienne artificiellement augmentée, il se forme une couche de bois dont les fibres libriformiennes et les trachéides vasculaires possèdent un plus petit diamètre radial que celles des couches ligneuses qui ont pris naissance, dans la même branche et dans le même temps, sous la pression normale.

4°. Sous une pression libérienne artificiellement augmentée, il se forme une couche de bois dans laquelle le nombre et la largeur des vaisseaux sont moindres que dans les couches ligneuses de la même branche qui ont pris naissance, simultanément, sous la pression normale.

Si l'on analyse ces règles empiriques, et qu'on cherche à donner une forme plus scientifique aux résultats qu'elles expriment, on

reconnait, en premier lieu, qu'il existe un certain rapport entre la structure anatomique du bois et la pression sous laquelle il a pris naissance. Cette pression exerce son influence sur trois choses, à savoir, sur la croissance radiale des fibres ligneuses, sur la croissance des vaisseaux dans le sens radial et dans le sens tangentiel, et sur le rapport du nombre des vaisseaux à celui des fibres ligneuses.

Avant de formuler cette dépendance d'une manière plus précise, faisons entrer dans le cercle de nos considérations le fait rappelé à la première page de ce Mémoire, à savoir, que l'épaisseur d'une couche ligneuse dépend de la grandeur de la pression sous laquelle elle a été formée. Cette différence d'épaisseur de la couche trouve-t-elle son explication complète dans la différence d'épaisseur (c'est-à-dire de diamètre radial) des fibres elles-mêmes? en d'autres termes, une couche de bois possède-t-elle, dans le sens radial, un même nombre de cellules, soit qu'elle ait pris naissance sous une haute ou sous une basse pression du liber? Evidemment, non; les différences d'épaisseur de la couche entière sont beaucoup plus considérables que celles du diamètre radial des fibres ligneuses, et cette inégalité est même si frappante à simple vue, qu'on peut regarder comme superflu de la corroborer par des chiffres. Un bel exemple est offert par nos fig. 14 et 15, relatives au *Salix aurita*. Ces deux préparations ont été prises dans la couche annuelle externe de la même branche, à peu de distance l'une de l'autre ($\frac{1872}{1871}$ indique la limite intérieure, c. c. la limite extérieure de la couche annuelle de 1872). Le nombre des fibres ligneuses d'une série radiale est, dans le bois formé sous la pression normale (fig. 15), environ deux fois aussi grand que dans le bois formé, simultanément, sous une pression libérienne artificiellement augmentée (fig. 14).

Il suit de là que le nombre des divisions successives qu'éprouvent, dans le cambium, les cellules d'une même série radiale est également soumis à l'influence de la pression du liber. Un argument à l'appui de cette proposition se trouve encore dans le fait,

que la formation de nouvelles cellules ligneuses s'arrête à la fin de l'été, à cause de la pression trop forte du liber; qu'une diminution artificielle de cette pression, à l'époque de la formation du bois autumnal, détermine la production de couches ligneuses épaisses, composées de nombreuses cellules; et que, même après l'arrêt de la croissance normale du bois, cette opération peut encore donner lieu à la formation de nouvelles cellules ligneuses.

En essayant maintenant d'embrasser nos résultats dans quelques propositions générales, je crois qu'on pourra le mieux les exprimer de la manière suivante :

1°. *La croissance des organes élémentaires du bois, dans le sens radial et dans le sens tangentiel, est soumise à l'influence de la pression sous laquelle elle s'opère; plus la pression est grande, plus sera faible l'expansion radiale (ou, respectivement, tangentielle).*

2°. *Le nombre des divisions cellulaires dans le cambium dépend de la pression radiale que celui-ci subit; plus cette pression est grande, plus sera petit le nombre des divisions des cellules de chaque série radiale dans un même temps (les autres conditions étant d'ailleurs les mêmes).*

3°. *Le rapport du nombre des vaisseaux à celui des fibres ligneuses dans une couche de bois dépend de la pression sous laquelle cette couche a pris naissance; plus cette pression est grande, plus ce rapport est défavorable au nombre des vaisseaux ¹⁾.*

Qu'il me soit permis de rattacher à ces conclusions quelques considérations supplémentaires.

En ce qui concerne la dépendance des divisions cellulaires par rapport aux causes externes, nos connaissances sont encore trop imparfaites pour qu'il soit déjà possible d'établir à ce sujet des lois générales. Ce n'est pas non plus mon intention de rassembler ici tous les faits, relatifs à cette question, qui sont

¹⁾ Je fais remarquer que les expériences décrites ne permettent pas de décider, si la dépendance, dont il est ici question, est une dépendance directe ou indirecte; question théorique, dont je m'occuperai dans un autre Mémoire.

consignés dans la littérature botanique. Je ne veux rappeler qu'un seul de ces faits, qui forme en quelque sorte la contre-partie de celui que mes observations ont fait connaître. Il s'agit des résultats obtenus par M. Sorauer ¹⁾ à l'occasion de recherches faites, dans un autre but, sur l'influence de l'humidité du sol sur la croissance de l'orge, recherches dont la valeur théorique, inconnue à cet auteur, fut révélée par M. Sachs dans son *Lehrbuch der Botanik* ²⁾. M. Sorauer cultivait des pieds d'orge dans des pots remplis de terre, la teneur en eau de cette terre étant maintenue constante pendant toute la période de végétation. Dans les différents pots, toutefois, cette teneur était différente. Il a trouvé ainsi, que les feuilles et les entre-nœuds des tiges étaient non-seulement d'autant plus développés que la proportion constante d'eau avait été plus grande dans la terre, mais qu'ils étaient aussi, dans la même mesure, composés de cellules plus nombreuses. Or, comme on peut admettre que les organes des plantes cultivées dans une terre plus humide étaient eux-mêmes plus riches en eau, et comme l'eau du contenu des cellules distend à proportion les parois cellulaires, il est permis de conclure, avec un grand degré de probabilité, que cette distension a exercé une influence favorable sur le nombre des divisions cellulaires dans les points de végétation. La distension des parois des cellules, par l'eau qui pénètre en abondance leur contenu, favorise donc ici la division cellulaire, de même que, dans le cambium, la compression des parois rend les divisions plus rares ³⁾. Peut-être cette règle est-elle d'une application générale dans le règne végétal.

Dans notre seconde proposition, il y a lieu de distinguer entre les vaisseaux et les fibres ligneuses. L'affirmation, que les vaisseaux

¹⁾ P. Sorauer, *Einfluss des Wasserzufuhr auf die Ausbildung der Gerstenpflanze*, dans *Bot. Ztg.*, 1873, p. 145.

²⁾ Sachs *Lehrb. d. Bot.*, 4^e éd., p. 786.

³⁾ Jusqu'à quel point les parois des cellules du cambium et du jeune bois sont réellement comprimées par la pression artificiellement augmentée du liber, ou jusqu'à quel point cette pression a seulement pour résultat de diminuer la distension des parois cellulaires par la turgescence du contenu, c'est là une question qu'il reste à examiner.

sont dans tous les sens d'autant plus larges que la pression est plus faible, découle directement des résultats de nos expériences. Celles-ci démontrent également cette même relation pour le diamètre radial des fibres ligneuses. Quant à l'accroissement de ces dernières dans le sens tangentiel, la conclusion qu'il dépend aussi de la pression se déduit surtout de la forme à peu près cylindrique de la couche de cambium. Par suite de cette forme, la croissance des jeunes cellules ligneuses dans le sens radial occasionne toujours une dilatation tangentielle, et l'influence ainsi exercée sur l'accroissement tangentiel est naturellement d'autant plus grande que la croissance radiale est plus considérable. Or comme celle-ci dépend de la pression, il est clair que la croissance dans le sens tangentiel doit en dépendre aussi ¹⁾. Les cellules du parenchyme ligneux suivent évidemment, sous ce rapport, les mêmes lois que les fibres ligneuses.

La dépendance entre la croissance des parois cellulaires et la pression à laquelle elles sont soumises est un fait si parfaitement d'accord avec la théorie émise par M. Sachs ²⁾ au sujet de cette croissance, qu'elle pouvait facilement en être déduite, et que, réciproquement, elle procure à cette théorie un soutien expérimental. Selon les vues de M. Sachs, en effet, parmi les causes de la croissance des parois cellulaires, la distension de celles-ci par le contenu des cellules joue un rôle important. Sans vouloir reproduire ici cette théorie universellement connue, je ferai seulement remarquer que par cette distension la distance des molécules cristalloïdes, qui d'après les recherches de M. Nägeli composent la membrane cellulaire, est augmentée, et que de nouvelles molécules cristalloïdes peuvent seulement être formées lorsque

¹⁾ On peut admettre que la croissance dans le sens tangentiel, chez les cellules du cambium et chez les plus jeunes cellules du bois, est en partie une suite de la distension tangentielle de leurs parois; et puisque la pression contrarie la distension, il faut donc, à ce point de vue aussi, conclure à une influence de la pression sur la croissance dans le sens tangentiel.

²⁾ Sachs, *Lehrbuch der Botanik*, 4^e éd., p. 762.

cette distance a dépassé une certaine grandeur. Toute distension doit donc agir favorablement sur la croissance en longueur ¹⁾); réciproquement, une pression doit ralentir l'accroissement dans le sens où elle s'exerce, ainsi que cela a eu lieu dans nos expériences.

Notre troisième règle peut aussi être énoncée de la manière suivante: Lors du développement d'un groupe de cellules-filles du cambium, il y en a d'autant moins qui se transforment en cellules vasculaires et d'autant plus qui passent à l'état de fibres ligneuses, que la pression sous laquelle elles croissent est plus grande. Ou bien: *Une cellule-fille du cambium a d'autant moins de chances de devenir cellule vasculaire qu'elle se développe sous une pression plus grande*; pour la chance de devenir fibre ligneuse, c'est l'inverse. Nous avons donc ici le cas, dûment constaté, d'une différenciation morphologique dépendant d'une cause mécanique. Les exemples connus d'une pareille dépendance sont jusqu'ici en nombre relativement petit, de sorte qu'il n'est pas encore possible de ranger notre observation sous un point de vue plus général.

Un phénomène étroitement lié à cette règle, et qui a également été prouvé par les expériences décrites dans le chapitre précédent, est l'influence de la pression du liber sur les organes élémentaires qui, chez certaines espèces ligneuses, sont exclusivement propres au bois autumnal. Dans mes expériences, ce cas s'est seulement présenté chez le *Corylus Avellana* et le *Carpinus Betulus*, où les cellules en question sont des trachéides vasculaires. La réduction artificielle de la pression du liber, durant la formation du bois autumnal, a empêché la production ultérieure de ces organes élémentaires. Peut-être que la règle est d'une application plus générale, et que la pression exerce aussi une influence sur les quantités relatives d'autres organes élémentaires du bois.

¹⁾ Cela était aussi le cas dans les expériences sus-mentionnées sur la croissance de l'orge, où les dimensions plus grandes des organes dans les pots le mieux arrosés était due non-seulement au nombre plus grand des cellules, mais aussi aux dimensions plus grandes de ces cellules elles-mêmes.

V.

Influence de la pression du liber sur la production
du bois autumnal.

Les résultats expérimentaux qui ont été rapportés dans notre troisième chapitre et soumis à une discussion détaillée dans le quatrième, peuvent aider à expliquer la production du bois normal de l'automne. Pour parvenir à cette explication, en tant qu'elle soit possible aujourd'hui, je crois utile de préciser d'abord les caractères par lesquels le bois autumnal ordinaire diffère du reste de la couche annuelle. C'est seulement en ayant ces différences présentes à l'esprit, qu'on sera en mesure de juger jusqu'à quel point une explication satisfaisante peut être donnée.

La dénomination de bois autumnal est tout aussi inexacte, qu'est insuffisante dans beaucoup de cas la distinction des couches annuelles en deux zones: le bois de printemps et le bois d'automne. L'expression de bois autumnal est inexacte, au moins pour les branches et les rameaux, parce que chez ceux-ci la zone externe de la couche annuelle se forme ordinairement en juillet ou au commencement d'août. Vers le milieu du mois d'août, en effet, l'accroissement normal du bois s'arrête dans les branches de la plupart de nos arbres et de nos arbrisseaux, indigènes ou généralement cultivés. Quant à la distinction susdite, elle est insuffisante, attendu que très souvent on peut distinguer nettement trois zones différentes. C'est ainsi que chez le *Syringa vulgaris*, par exemple, la masse fondamentale de la zone interne de la couche annuelle consiste en fibres libriformiennes, celle de la seconde zone, qui a à peu près la même épaisseur, en trachéides fibreuses, et celle de la zone externe, qui est très mince, en trachéides fibreuses aplaties. Ces zones se distinguent déjà à l'œil nu, l'interne ayant une couleur plus jaunâtre, les deux externes une couleur plus blanchâtre. En pareil cas, il est donc

nécessaire d'admettre, avec M. Rossmann ¹⁾, une zone de début, une zone moyenne et une zone de clôture. On peut alors, là où on le juge à propos, réunir les deux premières zones sous le nom de bois de printemps et appeler la dernière bois d'automne, afin de laisser subsister ces deux termes consacrés par un long usage.

Les caractères principaux qui rendent les couches annuelles visibles sont au nombre de quatre, et se laissent partager en deux groupes, suivant qu'ils se présentent chez toutes les espèces ligneuses ou sont bornés à un nombre d'espèces plus ou moins grand.

Ceux qui ne manquent jamais sont :

- 1°. la largeur des cellules, en particulier dans le sens radial ;
- 2°. le nombre et la largeur des vaisseaux.

Ceux qui se rencontrent plus rarement sont :

- 3°. l'espèce des organes élémentaires qui se trouvent dans les différentes zones ;
- 4°. l'épaisseur absolue des parois des cellules.

Prenons d'abord les caractères du premier groupe. C'est sur eux exclusivement que repose la visibilité des couches annuelles à l'œil nu, soit que cette visibilité résulte des démarcations fines mais bien tranchées entre les fibres aplaties du bois autumnal et les fibres très larges du bois printanier de la couche annuelle suivante, soit qu'elle dérive de la plus grande abondance des vaisseaux, ou de l'existence d'un cercle de larges vaisseaux, dans le bois du printemps.

Chez toutes les espèces ligneuses où les couches annuelles sont visibles, les cellules du bois autumnal sont plus étroites dans le sens radial que celles du bois printanier ; elles sont, comme on l'exprime, aplaties tangentiellement. Quelquefois le diamètre radial des fibres ligneuses diminue progressivement depuis le commencement de la couche annuelle jusque dans le bois d'automne ; d'autres fois le passage, à la limite de la zone moyenne et de la zone de clôture, est plus ou moins brusque. Comme, suivant M. Sanio ²⁾, l'épaisseur absolue des parois est, — à un petit nombre

¹⁾ J. Rossmann, *Ueber den Bau des Holzes*, Frankfurt 1865, p. 41.

²⁾ Sanio, *Bot. Ztg.*, 1863, p. 391.

d'exceptions près, dont il sera question à l'occasion du second groupe, — la même dans les différentes zones, le bois d'automne forme une masse ligneuse plus compacte que le bois du printemps.

Chez la plupart des espèces ligneuses, mais non chez toutes, les vaisseaux sont le plus larges et le plus nombreux dans la zone de début, et diminuent successivement en largeur et en nombre à mesure qu'on se rapproche de la périphérie de la couche (ex.: *Populus*, *Salix*). Dans la zone de clôture ils manquent alors souvent, ou bien ils y sont assez rares. Chez un grand nombre d'espèces ligneuses on trouve dans la zone de début un cercle de vaisseaux très larges, suivis immédiatement, en dehors, de vaisseaux beaucoup plus étroits (ex.: *Fraxinus*, *Quercus*, *Ulmus*). Jusqu'à présent je ne connais pas d'espèces ligneuses où les vaisseaux aient, sur toute l'épaisseur de la couche annuelle, une largeur exactement égale et une distribution parfaitement uniforme¹); toujours la largeur et le nombre décroissent vers l'extérieur.

Ce fait peut maintenant être expliqué par la variation que la pression du liber éprouve durant la période de végétation des arbres, et par les règles posées au chapitre précédent.

D'un côté, nous savons qu'au printemps, à l'époque où commence la formation du bois, la pression libérienne est faible; qu'elle augmente durant l'été, et devient enfin assez grande pour empêcher toute croissance ultérieure (voir Chapitre II).

D'un autre côté, nous savons que les fibres ligneuses sont d'autant plus larges dans le sens radial, et les vaisseaux d'autant plus larges et plus nombreux, que la pression libérienne (les autres conditions restant les mêmes) a été plus petite (Chapitre IV).

D'où cette conclusion:

Le fait, que la largeur radiale des fibres ligneuses ainsi que le nombre et la largeur des vaisseaux diminuent de dedans en dehors dans chaque couche annuelle du bois, s'explique en général d'une manière satisfaisante par l'accroissement continu de la

¹) M. von Mohl se prononce exactement de la même manière à ce sujet (*Bot. Ztg.*, 1862, p. 290).

pression du liber. Les deux principaux caractères du bois autumnal peuvent donc être attribués à la très grande pression libérienne sous laquelle il a dû se développer ¹⁾).

La production du cercle de vaisseaux, qui chez beaucoup d'espèces se trouve au commencement de chaque couche annuelle et qui est ordinairement déjà perceptible à l'œil nu, doit aussi être mise sur le compte de la faible valeur de la pression libérienne à l'époque où il prend naissance. Cela résulte du fait que, chez ces espèces, un nouveau cercle pareil peut apparaître, sous l'influence d'une diminution artificielle de la pression du liber, au moment de la formation de la zone moyenne (par ex. chez l'*Ulmus*, voir Chap. III).

Quant à savoir si d'autres causes entrent encore en jeu, si par exemple, la pression libérienne restant la même, des différences de structure analogues peuvent provenir de différences dans les matières nutritives ou dans la proportion d'eau, c'est une question à laquelle je ne veux pas toucher. Mes expériences démontrent bien que la pression du liber est une cause des phénomènes observés, mais elles ne prouvent nullement que ce soit la cause unique.

Il nous reste maintenant encore à parler des deux caractères accessoires, par lesquels, chez certaines espèces, le bois d'automne se distingue du bois précédent.

Une différence dans l'épaisseur absolue des parois ne se rencontre, d'après M. Sanio ²⁾), que rarement, et ne consiste alors qu'en un fort épaissement des parois radiales des éléments du bois d'automne. Il va sans dire que sous ce rapport on doit toujours comparer, dans les zones successives, des éléments de même espèce, attendu que des éléments d'espèce différente peuvent présenter, même dans l'étendue d'une seule zone, des différences

¹⁾ Cette proposition a déjà été énoncée, sous forme conjecturale, par M. Sachs, dans la première édition de son *Lehrbuch der Botanik*, 1868, p. 409; une communication préliminaire, tendant à montrer la justesse de cette conjecture, fut insérée par moi dans le *Flora*, 1872, p. 241.

²⁾ *Bot. Ztg.*, 1863, p. 394.

d'épaisseur. Ce caractère du bois autumnal dépend-il aussi, là où il existe, de la pression du liber? C'est ce que mes expériences ne nous apprennent pas.

Elles ne décident pas non plus si la pression du liber est pour quelque chose dans la différence qu'on observe, par rapport à la nature des organes élémentaires, entre la zone de début et la zone moyenne chez un petit nombre d'espèces ligneuses (par exemple chez le *Syringa vulgaris*, voir p. 43).

Un cas moins rare que les deux précédents est celui où le bois d'automne possède des organes élémentaires qui manquent dans les deux premières zones des couches annuelles de la même espèce, par exemple, des trachéides vasculaires chez le *Corylus* et le *Carpinus*. D'autres fois il arrive que le bois d'automne tout entier est composé d'une masse fondamentale différente de celle de la zone moyenne, comme on le voit par exemple chez le *Fraxinus excelsior* et l'*Ailantus glandulosa*; chez ces espèces, en effet, le bois d'automne est formé de parenchyme ligneux.

Pour ce dernier cas, mes expériences sur le *Corylus Avellana* et le *Carpinus Betulus*, fournissent quelque lumière, puisque chez ces espèces une diminution artificielle de la pression du liber, à l'époque de la production du bois autumnal, a empêché la formation ultérieure de trachéides vasculaires. Cette observation doit faire regarder comme probable que les différences accessoires, signalées ici entre le bois d'automne et le bois de printemps, seront aussi ramenées, par de nouvelles recherches, sous la dépendance de la pression du liber.

EXPLICATION DES FIGURES.

Toutes les figures représentent des coupes transversales des espèces ligneuses étudiées. Les vaisseaux y sont reconnaissables à des contours plus épais, tandis que les cellules à parois indiquées par des lignes doubles sont des fibres ligneuses, c'est-à-dire, suivant les espèces, des fibres libriformiennes ou des trachéides vasculaires. Les cellules dessinées en pointillé sont des cellules de parenchyme ligneux.

Les branches ont toutes été coupées dans l'année même où l'expérience avait

en lieu, et toutes, sauf celle qui a fourni les fig. 14 et 15, lorsque la production ligneuse y était déjà arrêtée depuis longtemps. Par suite, la série supérieure de cellules est toujours, à une couple d'exceptions près, la zone automnale (*c. c.*), soit celle du bois normal, soit celle du bois traumatique.

Dans toutes les figures, les contours extérieurs des cellules ont été relevés avec soin à la chambre claire, puis le dessin a été achevé en le comparant sans cesse avec la préparation. Le grossissement, sauf pour les fig. 10 et 17, est toujours $\frac{250}{1}$.

Dans toutes les figures on doit entendre par :

$\frac{1872}{1871}$. la démarcation entre les couches annuelles de 1871 et de 1872.

c. le périmètre extérieur du bois, qui touche au cambium; le cambium lui-même n'est figuré nulle part.

b. la démarcation entre le bois formé avant le commencement de l'expérience et celui formé après.

m. les rayons médullaires.

Ière Section.

Diminution artificielle de la pression du liber (fig. 1—10).

P. I, II, Fig. 1—4. *Corylus Avellana*.

Fig. 1. Coupe transversale d'une jeune branche dans laquelle on a pratiqué, le 19 mai 1873, des incisions longitudinales. La couche annuelle 1873 était à ce moment déjà formée jusqu'à la ligne *b. b.*; ce qui se trouve au-dessus de cette ligne s'est développé après la date susdite, entre les incisions longitudinales et par conséquent sous pression libérienne artificiellement réduite. L'abondance plus grande des vaisseaux dans ce bois, comparé au bois formé peu de temps avant le début de l'expérience, est très frappante. On voit aussi que le diamètre radial des cellules est plus grand dans le bois nouveau qu'au côté interne de la ligne *b. b.*

Fig. 2. Incisions longitudinales du 26 juin 1872. Le bois traumatique commence (en *b. b.*) par un cercle de vaisseaux, tandis que le bois normal formé peu de temps avant ne présente pas de vaisseaux dans la partie figurée.

Fig. 3. Incisions longitudinales du 26 juin 1872. Le bois traumatique commence (en *b. b.*) par des vaisseaux beaucoup plus nombreux et des fibres plus larges dans le sens radial que ceux du bois précédent.

Fig. 4. Incisions longitudinales faites le 20 août 1872, pendant la formation du bois d'automne. Au-dessous de la ligne *b. b.* se voit le bois automnal normal, dont la production a été arrêtée par le commencement de l'expérience. A sa place, il s'est formé une couche ligneuse à fibres élargies dans le sens radial, couche terminée (en *c. c.*) à une limite automnale propre. Les vaisseaux étroits, et les trachéides vasculaires du bois automnal normal sont suivis, dans le bois traumatique, de vaisseaux larges.

Pl. III, Fig. 5 et 6. *Viburnum Opulus*.

Fig. 5. Incisions longitudinales du 9 mai 1872. Le nouveau bois commence en *b. b.* par des vaisseaux plus nombreux et des fibres plus larges dans le sens radial.

Fig. 6. Incisions longitudinales faites le 25 août 1872, pendant la formation du bois d'automne. Celle-ci s'arrête à la suite de l'expérience, et, au lieu de trachéides fibreuses aplaties, il s'en forme de très larges.

Pl. III, Fig. 7. *Carpinus Betulus*.

Fig. 7. Incisions longitudinales faites le 20 août 1872, pendant la formation du bois autumnal normal, à laquelle toutefois l'expérience met immédiatement fin. A sa place il se forme du bois à cellules larges et à vaisseaux nombreux. Aux vaisseaux étroits et aux trachéides vasculaires du bois autumnal normal succèdent, dans le bois traumatique, des vaisseaux larges et ronds.

Pl. IV, Fig. 8 et 9. *Ulmus campestris*.

Fig. 8. Incisions longitudinales du 26 juin 1872. Le nouveau bois commence en *b. b.* par un cercle de vaisseaux de même largeur que ceux du bois printanier; ces vaisseaux sont, dans les deux cas, entourés de parenchyme ligneux paratrachéen. On voit d'ailleurs que le bois traumatique a des cellules plus larges que celles du bois normal adjacent.

Fig. 9. Incisions longitudinales du 11 juillet 1872. La formation des fibres aplaties et placées en petites séries radiales du bois d'automne avait déjà commencé; par l'effet de la diminution de pression, il s'est formé une couche de fibres plus larges, distribuées irrégulièrement.

Pl. V, Fig. 10. *Rhamnus cathartica*.

Fig. 10. $\frac{130}{1}$ (Fibres ligneuses indiquées par des contours simples). Incisions radiales du 17 mai 1873. La partie dessinée de la couche annuelle 1872 montre que dans le bois normal les vaisseaux sont disposés en groupes, entre lesquels se trouvent des champs de fibres libriformiennes, dépourvus de vaisseaux. La couche annuelle 1873 débute normalement, par un cercle de vaisseaux larges; peu de temps après leur formation l'expérience a commencé (en *b. b.*), et le bois nouveau présente partout les vaisseaux distribués sans ordre dans le libriforme.

II^{me} Section.

Augmentation artificielle de la pression du liber (fig. 11—17).

Pl. V, Fig. 11. *Populus canescens*.

Fig. 11. Ligature du 12 mai 1872. Tandis que le bois autumnal normal de la couche annuelle 1871 est très mince, le bois de 1872, qui s'est développé sous la ligature, présente une couche très épaisse de fibres aplaties.

Pl. VI, Fig. 12 et 13. *Sambucus nigra*.

Fig. 12. Ligature du 17 mai 1872. Couche épaisse de fibres aplaties, avec très peu de vaisseaux.

Fig. 13. Coupe du bois normal de la même branche, destinée à montrer la très faible épaisseur du bois autumnal normal.

Pl. VII, Fig. 14 et 15. *Salix aurita*.

Fig. 14. Ligature du 4 avril 1872; branche coupée le 23 juin 1872, avant le commencement de la production normale du bois d'automne. Les fibres ligneuses externes sont aplaties à peu près aussi fortement que celles du bois autumnal normal de 1871.

Fig. 15. Bois normal de la même branche. Cette coupe, prise à 5 centimètres au-dessus de la ligature, au même côté que la préparation représentée dans la fig. 14, ne montre pas encore de fibres aplaties. La comparaison des deux figures donne une idée de l'influence de la pression sur l'épaisseur de la couche ligneuse et sur le nombre des divisions qui ont eu lieu dans les cellules du cambium.

Pl. VIII, Fig. 16. *Alnus glutinosa*.

Fig. 16. Ligature du 9 mai 1872. En *b. b.*, par suite de la forte traction exercée sur le cordon, une couche de cellules a été déplacée latéralement et est morte; elle a pris en même temps une coloration brune. Cette couche de cellules était, au moment où la ligature fut appliquée, la dernière formée des couches de fibres ligneuses; elle indique par conséquent la limite entre le bois né avant le début de l'expérience et le bois né après. L'influence de l'augmentation de pression, toutefois, ne se fait sentir que plus tard. La portion dessinée de la couche annuelle 1871 permet la comparaison entre le bois anormal et le bois normal. Cette comparaison montre dans le second une couche très mince, dans le premier une couche très épaisse de fibres aplaties.

Pl. VIII, Fig. 17. *Sarothamnus vulgaris*.

Fig. 17. Grossissement 1 : 37,5. Ligature du 9 mai 1872. Les groupes de vaisseaux sont distingués par des hachures, les champs de libriforme ont été laissés en blanc; les vaisseaux larges ont seuls été dessinés. La couche annuelle 1871 fait connaître la structure normale du bois; celle de 1872 commence de la même manière, et montre ensuite un groupe vasculaire concentrique, auquel succède une couche de fibres ligneuses ne contenant que de très rares petits groupes vasculaires. Cette couche presque dépourvue de vaisseaux est le bois qui a pris naissance sous la pression artificiellement augmentée.

SUR LA
MANIÈRE DONT L'EXCITATION SE PROPAGE

DANS LE
MUSCLE CARDIAQUE ¹⁾,

PAR

Th. W. ENGELMANN.

Dans une occasion antérieure ², j'ai émis la présomption que l'excitation se propage dans la substance musculaire du cœur non pas au moyen de nerfs, mais par communication directe d'une cellule musculaire à l'autre. Tant au point de vue de la théorie générale des phénomènes de conduction physiologique, qu'à celui de la mécanique du cœur en particulier, il m'a paru que cette présomption méritait d'être soumise à un examen spécial ³).

Aussi longtemps que le muscle cardiaque était regardé comme composé de fibres musculaires rameuses, à noyaux multiples, striées en travers et entourées d'une membrane propre, c'est-à-dire d'éléments qui à la forme près ne différaient pas sensiblement

¹) Un résumé de ce travail a été communiqué à l'Académie royale des sciences d'Amsterdam, dans sa séance du 16 décembre 1874.

²) *Zur Physiologie des Ureter*, dans Pflüger, *Archiv f. Physiol.*, 1869, p. 278.

³) Je fais observer que je m'occupe ici exclusivement du muscle ventriculaire. La question de savoir comment l'irritation se propage dans la substance des oreillettes et de l'oreillette au ventricule, ou réciproquement, reste en dehors de mon travail. — Il est très probable que la propagation au sein des oreillettes se fait d'après le même principe (par contact cellulaire) que celle au sein des ventricules. Par contre, on ne peut guère douter que la transmission de l'irritation de l'oreillette au ventricule, et réciproquement, n'ait lieu par l'intermédiaire de fibres nerveuses et de ganglions.

des fibres ordinaires du mouvement volontaire, on se figurait que chacune de ces fibres était innervée comme telle par le centre ganglionnaire situé dans le cœur. Depuis que l'on sait que ces fibres sont seulement le produit artificiel d'une déchirure ou d'une séparation de la substance musculaire, et qu'elles sont elles-mêmes encore composées des vrais éléments histiologiques, — les cellules bien connues, dépourvues de membrane et ne contenant qu'un noyau unique, — depuis lors on paraît admettre assez généralement l'innervation isolée de chacune de ces cellules musculaires primitives.

Les raisons qui me portaient à rejeter cette manière de voir, et à regarder les cellules musculaires comme formant entre elles par simple contact une chaîne de transmission physiologique, étaient fournies par les nombreuses analogies anatomiques et physiologiques qui existent entre le muscle cardiaque et un autre organe, l'uretère, duquel on sait qu'il se comporte, sous le rapport de la propagation de l'irritation, comme une fibre musculaire unique, creuse, de dimensions colossales et dépourvue d'éléments nerveux. Les analogies auxquelles je fais ici allusion sont essentiellement les suivantes.

Les deux organes consistent en cellules contractiles, qui ne sont séparées l'une de l'autre ni par des membranes, ni par des interstices d'une largeur mesurable ¹⁾); dans tous les deux on ne trouve que très peu de terminaisons nerveuses, beaucoup moins, en tout cas, qu'il n'y a de cellules musculaires; quant aux cellules ganglionnaires, sauf dans quelques régions très circonscrites, elles manquent absolument chez l'un et chez l'autre organe. Une contraction générale peut être excitée chez tous les deux en partant de n'importe quel point, et par conséquent, dans tous les deux, l'excitation peut se transmettre d'un point quelconque à tout autre point quelconque; cela s'applique aussi à chacun des frag-

¹⁾ Je fais abstraction, bien entendu, des fentes grossières qui se voient entre les faisceaux musculaires distincts. Ces fentes n'ont aucune importance pour la question, attendu que les divers faisceaux musculaires n'en sont pas moins, finalement, reliés tous les uns aux autres par contact cellulaire.

ments qu'on en sépare au moyen du couteau ou des ciseaux. Dans tous les deux, l'excitation paraît se propager en tous sens avec la même vitesse, vitesse qui est incomparablement plus petite que celle avec laquelle a lieu la propagation dans les nerfs.

A coup sûr, ces faits autorisaient à étendre au cœur l'hypothèse de la transmission par contact cellulaire, d'autant plus que cette hypothèse, à ce qu'il me semblait, était la seule qui ne fût en désaccord avec aucun des faits connus. J'espérais, toutefois, pouvoir la confirmer encore d'une manière plus directe. Une pareille confirmation est fournie par l'expérience très simple que voici :

A l'aide de ciseaux fins et tranchants jusqu'à la pointe, on découpe le ventricule cardiaque d'une grenouille, qui vient d'être tuée, en deux ou un plus grand nombre de pièces, dont chacune ne reste unie à la suivante que par un pont très étroit de substance musculaire. On voit alors au bout de quelque temps, lorsqu'on irrite une de ces pièces, se contracter aussi successivement toutes les autres. Le choix des points où les différentes pièces sont laissées en connexion entre elles est tout à fait indifférent ; la seule condition, c'est qu'elles continuent à communiquer par un peu de *substance musculaire*.

Cette expérience prouve que, dans le ventricule cardiaque, l'excitation peut se propager d'un point quelconque à un autre point quelconque, en passant par un troisième point quelconque.

Or, pour que cela soit possible, il faut, ou bien que l'excitation puisse passer directement d'une cellule à l'autre, ou bien que chaque cellule soit reliée à ses voisines par des éléments anatomiques spéciaux, des fibres nerveuses par exemple, qui transmettent l'excitation d'une cellule à la suivante.

Cette seconde hypothèse est insoutenable.

En premier lieu, les résultats de l'examen microscopique lui sont contraires. Tous ceux qui ont étudié la structure intime du muscle ventriculaire savent que, sur la plupart des points, il est impossible de découvrir, même avec les excellentes méthodes dont on dispose aujourd'hui, une fibrille nerveuse ou n'importe quel autre élément nerveux. Ce n'est qu'au voisinage immédiat des

amas ganglionnaires, qui existent à la base du ventricule, que le tissu musculaire est relativement riche en éléments de ce genre. J'ai examiné avec tout le soin possible un grand nombre des petits ponts musculaires (ils n'avaient souvent pas plus de $\frac{1}{2}$ millimètre carré de section transversale), dont le pouvoir conducteur avait été préalablement constaté par l'expérience, et — sauf dans deux cas, où le pont était situé près de la base du ventricule, — je n'ai trouvé aucune trace ni de fibrilles nerveuses, ni de cellules ganglionnaires ou de quelque élément nucléé plus ou moins analogue ¹⁾.

Si, en dépit de cela, on voulait continuer à regarder le concours d'appareils nerveux comme indispensable pour la conduction, il faudrait admettre, *ad hoc*, des fibrilles invisibles reliant chaque cellule à ses voisines. Mais, comme ces fibrilles ne contiendraient pas de noyaux propres ²⁾, et par conséquent ne naîtraient pas de cellules embryonnaires spéciales, on ne pourrait y voir en réalité que des émissaires, c'est-à-dire des parties intégrantes des cellules musculaires, non des éléments anatomiques indépendants; au point de vue morphologique, elles ne mériteraient donc pas le nom de fibrilles nerveuses. Dans le sens physiologique, ce nom ne pourrait leur être donné que parce qu'elles fonctionneraient, à la manière de nerfs, comme conducteurs d'une excitation. Mais cette fonction appartient aussi à la substance propre de la cellule musculaire, ainsi que le prouve la progression de la contraction à l'intérieur même des cellules. A ce second point de vue, on n'aurait donc pas non plus le droit de parler ici de conductibilité *nerveuse*.

Tous les faits conduisent irrésistiblement à l'idée que l'excitation

¹⁾ Les préparations étaient examinées soit à l'état frais, dans du sérum ou dans une solution de sel marin à 0,5—1%, soit après un traitement par l'acide acétique étendu et la glycérine (à différents degrés de force et en différentes proportions), ou par l'acide persmique à 0,5—1,5%, ou par le chlorure d'or ou le chlorure d'or et de potassium.

²⁾ A moins de supposer, de nouveau *ad hoc*, l'existence de noyaux trop petits pour être visibles!

passé directement de cellule à cellule, sans l'intervention d'éléments anatomiques particuliers. On doit admettre, de plus, que ce passage se fait exactement de la même manière que la progression à l'intérieur de chaque cellule individuelle.

En considérant combien le muscle cardiaque est sensible aux moindres irritations mécaniques, on pourrait être porté à croire que la *contraction* de chaque cellule agit comme stimulus mécanique sur les cellules voisines. Cette possibilité, toutefois, doit être rejetée pour différentes raisons. Tout d'abord déjà, à cause de la marche extrêmement lente et de l'amplitude très faible de la contraction, — au moins dans les stades un peu avancés de la mortification. Ensuite, à cause de la grande vitesse de propagation de l'excitation. Cette vitesse s'élève certainement (voir ci-dessous), dans un cœur normal de grenouille, à plus de 20 millimètres par seconde. D'un autre côté, d'après des mesures directes, le stade de l'énergie latente dans les fibres du muscle cardiaque dure, dans le cas le plus favorable, celui d'une irritation momentanée très énergique, au moins 0,08 sec., et, dans le cas d'irritation plus légère, beaucoup plus longtemps (sans que pour cela, comme on le sait, la marche et l'amplitude de la contraction soient autres) ¹).

¹) Les mesures en question ont été exécutées sur des ventricules cardiaques que l'ablation de la partie basilaire avait privés de leur motilité spontanée, et qui occupaient une très petite chambre humide, glissant à volonté sur un support, et où ils étaient fixés, entre deux larges électrodes d'argile, au fond d'une petite cavité creusée dans l'argile. Les contractions s'inscrivaient, 40 fois agrandies, sur du papier glacé enduit de suie, au moyen d'un levier en roseau très léger, qui, par une pièce accessoire verticale, passant à travers le couvercle de la chambre et se terminant inférieurement en une petite plaque, appuyait largement sur le cœur. Un diapason à 60 vibrations par seconde enregistrait simultanément le temps. — Les contractions étaient provoquées à des intervalles constants de 20 secondes, par une décharge d'induction. L'appareil inducteur était relié à un grand élément de Grove. L'ouverture et la fermeture du courant primaire étaient effectuées (au moyen d'un contact mercuriel) par le cylindre tournant du kymographion.

Il suffira de communiquer les résultats d'un petit nombre de séries expérimentales (voir à la page suivante).

Or, la longueur moyenne des cellules musculaires du cœur ne s'élève pas à 0,2 mm. Sur une étendue de 20 mm. on compte donc au moins 100 cellules. La propagation à travers une pièce de cette longueur exigerait d'après cela, même dans des suppositions outre mesure favorables, plus de $100 \times 0,08 = 8$ sec. au lieu de rester au-dessous de 1 seconde, comme c'est le cas dans la réalité. — Enfin la possibilité en question est écartée par le fait, sur lequel je reviendrai ailleurs avec plus de détails, que l'onde d'excitation

I. *Rana temporaria*. 7 juin 1875. Température 23° C.

Durée du stade d'énergie latente (en vibrations de $\frac{1}{60}$ de seconde).
 Pour une distance des bobines de 55 mm. : 6.6, 6.4, 6.7, 6.5, 6.7, 6.9 — Moyenne 6.63
 " " " " " " 0 " : 5.3, 5.1, 5.1, 5.3, 5.1, 5.0, 5.1 — " 5.14
 " " " " " " 55 " : 6.5, 6.7, 6.2, 6.7 — " 6.52
 Moyenne de toutes les expér. pour une d. d. b. de 0 mm. : 5.14 = 0.0857 sec.
 " " " " " " " " " " 55 " : 6.57 = 0.1095 "

II. *Rana esculenta*. 11 juin 1875. Température 20° C.

Pour une distance des bobines de 0 mm. : 5.0, 5.1, 6.0, 6.15, 5.7 — Moyenne 5.59
 " " " " " " 50 " : 7.4, 7.7, 7.5, 7.75 — " 7.59
 " " " " " " 0 " : 5.8, 5.8, 5.7, 5.7, 6.3 — " 5.86
 " " " " " " 50 " : 7.2, 7.3 — " 7.25
 " " " " " " " " " : 6.1, 6.4 — " 6.25
 " " " " " " 50 " : 7.7, 7.6 — " 7.65
 Moyenne de toutes les expér. pour une d. d. b. de 0 mm. : 5.90 = 0.0983 sec.
 " " " " " " " " " " 50 " : 7.50 = 0.1250 "

III. *Rana esculenta*. 11 juin 1875. Température 20° C.

Pour une distance des bobines de 0 mm. : 5.6, 5.5, 6.0, 5.8, 5.4 — Moyenne 5.66
 " " " " " " 75 " : 8.4, 7.9, P, P, 7.25 — " 7.85
 " " " " " " 0 " : 6.2, 6.1, 5.6, 5.9 — " 5.95
 " " " " " " 75 " : 7.3, 7.75, P, P — " 7.52
 " " " " " " 0 " : 6.5, 6.1, 6.0, 6.5, 6.7 — " 6.36
 Moyenne de toutes les expér. pour une d. d. b. de 0 mm. : 5.99 = 0.0998 sec.
 " " " " " " " " " " 75 " : 7.68 = 0.1270 "

Chez les animaux à sang chaud, le stade d'énergie latente a une durée plus courte; chez le rat, la valeur la plus forte observée par moi, moins de 5 minutes après l'excision du ventricule, a été 0,048, la valeur la plus faible 0,038 sec.; chez la souris blanche, la valeur la plus faible: 0',029, la plus forte, à une période déjà avancée de la mortification: 0',05.

électrique devance dans le muscle cardiaque l'onde de contraction. Ce n'est donc pas la contraction qui agit comme excitant de cellule à cellule, c'est le processus moléculaire invisible qui agit à l'intérieur des cellules comme *cause* de la contraction.

Au point de vue de la physiologie moléculaire, il n'y a rien à objecter à cette manière de voir, attendu que les cellules, — ne laissant pas entre elles des interstices d'une largeur appréciable, — sont certainement en contact moléculaire l'une avec l'autre, sinon sur *tous* les points, au moins sur la plus grande partie de leur surface; ces cellules, en outre, ne sont pas entourées d'une membrane, mais consistent jusqu'à la surface en substance irritable. Mais, quand même chaque cellule serait séparée de ses voisines par un espace d'une largeur appréciable, notre manière de voir pourrait encore être exacte, à condition que la distance mutuelle des surfaces des cellules, prises deux à deux, ne dépassât pas, au moins en un ou plusieurs points, une certaine grandeur très minime.

J'ai déjà, dans une occasion antérieure ¹⁾, attiré l'attention sur les expériences très importantes de M. H. Quincke ²⁾, d'où il résulte que les distances auxquelles se manifeste l'attraction capillaire, c'est-à-dire une action moléculaire, ne sont pas d'une petitesse incommensurable, que parfois même elles sont assez grandes pour tomber sous la portée du pouvoir optique de nos microscopes. Qui nous dit, d'après cela, que les distances auxquelles peut se communiquer, dans le muscle, le processus moléculaire de l'irritation doivent être situées en dehors des limites de notre puissance visuelle? En considérant qu'on a affaire ici, — comme le prouvent les phénomènes thermiques, électriques et chimiques qui accompagnent l'excitation, — à des mouvements très violents de molécules très faciles à déplacer, on comprendra qu'il est prudent de ne pas estimer ces distances trop bas. Sous ce rapport, il y a certainement

¹⁾ *Over de peristaltische beweging, in 't bijzonder die van het darmkanaal, dans Onderzoekingen ged. in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, 3^e Série, I, 1872, p. 42.*

²⁾ Poggenдорff's *Annalen*, t. CXXXVII, 1869, p. 402.

de l'intérêt à remarquer que l'excitation, — au moins si l'on peut conclure de la contraction à l'excitation qui la provoque, — est toujours au maximum dans le cœur, et que par conséquent la sphère d'activité de la molécule qui se trouve à l'état d'excitation est aussi toujours un maximum, c'est-à-dire, au sens de notre théorie, aussi favorable que possible. Quant à la grandeur réelle que possède ou que peut atteindre cette sphère d'activité, il est impossible de l'évaluer pour le moment. On peut seulement présumer que le demi-diamètre de la sphère, s'il demeure encore compris dans les limites de notre pouvoir de perception, est en tout cas très voisin de ces limites.

Reste la question de savoir si, parmi les phénomènes que nous offre le cœur lui-même, il n'y en a pas qui contredisent mon hypothèse. Mes propres recherches ne m'ont fait connaître aucun fait de ce genre, et je crois pouvoir attacher un certain poids à cette circonstance, attendu que depuis plusieurs années mon attention est dirigée, à différents points de vue, sur la physiologie du cœur, et que j'ai contrôlé dans cet intervalle presque tous les phénomènes qui ont été signalés jusqu'ici, en ayant toujours présente à l'esprit l'hypothèse dont nous nous occupons.

Dans la littérature je ne trouve non plus aucun fait qui ne puisse être accordé sans peine avec notre théorie de la propagation. Un petit nombre de données seulement, qui au moins en apparence ne se concilient pas avec elle, méritent de nous arrêter ici. Elles concernent la question de savoir par quelle voie le ventricule, en cas d'excitation normale ou artificielle, reçoit l'impulsion à se contracter.

D'après notre théorie, pour qu'une contraction générale maximum se produise dans le ventricule, il n'est besoin que d'une excitation en un *seul* point de la substance musculaire, et en outre, la situation de ce point est entièrement indifférente. Une fibre nerveuse motrice unique, partant d'une cellule ganglionnaire unique, centre d'une action rythmique, suffirait donc pour entretenir le mouvement du ventricule. Toutes les cellules ganglionnaires et toutes les fibres nerveuses, à une seule près, pourraient être détruites (par exemple par la maladie),

sans que pour cela le jeu normal de systole et de diastole du ventricule dût s'arrêter, — circonstance qui indubitablement rend notre théorie très recommandable au point de vue téléologique. Il va d'ailleurs sans dire, que cette théorie s'accommode tout aussi bien de l'idée que chaque systole normale est la conséquence de l'excitation simultanée de plusieurs et même d'un très grand nombre de points du ventricule, c'est-à-dire la conséquence de l'excitation de plusieurs ou d'un très grand nombre de fibres nerveuses. Il n'est pas douteux que cette dernière idée ne réponde à la réalité; c'est ce dont témoignent déjà les nombreux ganglions et les nombreuses fibres nerveuses qui se trouvent à la base du ventricule. Pour cette raison, je ne veux pas non plus nier la possibilité du fait que M. Pagliani ¹⁾ assure avoir fréquemment observé, à savoir que, en cas d'excitation directe de la surface du ventricule, la contraction ne commençait pas, comme on aurait peut-être pu s'y attendre d'après ma théorie, à l'endroit primitivement irrité, mais en un point plus ou moins éloigné. Moi-même je ne suis jamais parvenu à constater ce fait. Pour l'expliquer, on pourrait admettre, ou bien qu'on a irrité une fibre motrice qui se terminait à une distance plus ou moins grande du point d'excitation, ou bien que l'excitation a porté sur une fibre sensible, qui, par voie réflexe, a déterminé une contraction en un point éloigné.

M. Pagliani paraît admettre, comme beaucoup d'autres physiologistes, que *toutes* les contractions provoquées par excitation directe du ventricule sont de nature réflexe. Il dit (*l. c.* p. 375—376):

„La même expérience” (excitation mécanique au moyen d'une pointe d'aiguille) m'a en outre permis de constater, de la manière la plus convaincante, que l'irritation mécanique de fibres sensibles contenues dans les enveloppes membraneuses du muscle cardiaque produit bien réellement par voie réflexe la contraction de celui-ci. Sur un point de la paroi j'ai mis le tissu musculaire à nu, en enlevant une mince partie de sa substance avec la membrane

¹⁾ L. Pagliani, *Ueber die Funktion der Herzganglien*, dans Moleschott, *Untersuchungen zur Naturlehre etc.*, t. XI, 1874, p. 364 et 377.

recouvrante, puis, avec la pointe d'une aiguille ou de fines pinces, j'ai irrité ce même tissu, sans réussir à provoquer un mouvement dans le cœur, même lorsque l'irritation était beaucoup plus forte que celle appliquée (antérieurement) aux surfaces membraneuses; la seule condition nécessaire était que ces surfaces ne fussent affectées en aucune façon." La même expérience fut répétée par l'auteur sur la pointe détachée du ventricule, laquelle pointe, comme nous l'a appris M. Ludwig, reste en repos lorsqu'elle est abandonnée à elle-même, mais répond à toute excitation mécanique par une contraction unique. „Dans ce cas aussi," dit M. Pagliani (*l. c.*, p. III, 376), „je constatai nettement que je ne déterminais de contraction que lorsque l'excitation était appliquée à la surface membraneuse, et qu'il ne s'en produisait aucune lorsque j'irritais, même avec beaucoup plus de force, le tissu musculaire mis à nu."

Aussi bien avant que depuis la publication du travail de M. Pagliani, j'ai souvent exécuté, avec tout le soin possible, ces expériences, qui, si elles avaient le résultat annoncé par l'auteur, rendraient improbables, non-seulement l'existence d'une irritabilité propre de la substance musculaire du cœur, mais aussi celle de l'excitabilité mécanique des fibres motrices de cet organe; mais, dans toutes ces expériences, je suis arrivé à un résultat diamétralement opposé à celui obtenu par le savant italien. En opérant, avec de très fines pinces, sur une pointe de cœur parfaitement fraîche et extrêmement sensible, je puis serrer et tirailler assez fortement l'ectocarde sans exciter aucune contraction, tandis que celle-ci se produit inmanquablement lorsque la pince a saisi, en même temps que la membrane, la substance musculaire sous-jacente. D'une manière générale, *jamais* je n'ai vu de contraction à la suite d'une irritation artificielle du ventricule, là où il n'était pas évident que des fibres musculaires avaient aussi été touchées directement. Vu l'épaisseur très faible de l'ectocarde et celle encore beaucoup moindre de l'endocarde, il est extrêmement difficile de ne pas blesser, en même temps que ces membranes, les fibres musculaires sous-jacentes; ainsi s'explique probablement le résultat,

opposé au notre, de M. Pagliani. Ces expériences ne peuvent naturellement avoir la valeur d'une démonstration *rigoureuse*, attendu qu'on n'a jamais la complète certitude d'avoir irrité exclusivement soit le tissu musculaire, soit l'endocarde ou l'ectocarde. Surtout l'endocarde sera à peu près invariablement lésé en même temps que le tissu musculaire, car partout, jusqu'à une très petite distance (environ 0,02 mm.) de l'ectocarde, la substance musculaire du ventricule est traversée de fentes capillaires, qui communiquent avec la cavité ventriculaire et qui sont tapissées d'un prolongement de l'endothélium de cette dernière. ¹⁾

¹⁾ Ces fentes capillaires jouent, quant à la nutrition de la paroi ventriculaire, le même rôle que les vrais vaisseaux capillaires qui, chez les vertébrés supérieurs, naissent des artères coronaires. Durant la systole elles se vident en déchargeant leur sang dans la cavité du ventricule, durant la diastole elles se remplissent de nouveau aux dépens de ce dernier. Si à travers un ventricule relâché en diastole on laisse couler, en l'introduisant par l'oreillette, du sérum, une solution de sel marin, ou quelque autre liquide dépourvu de globules sanguins et autant que possible indifférent (on s'y prendra, par exemple, comme l'ont fait dans leurs expériences MM. Bowditch, Luciani et Kronecker), cette opération n'enlève que très imparfaitement, — le microscope en fait foi, — le sang encore contenu dans les fentes capillaires. L'expulsion a seulement lieu lorsque le ventricule se contracte, à la suite d'une excitation. Cette observation, rapprochée du résultat des recherches de M. Kronecker (*Das charakteristische Merkmal der Herzmuskbewegung. Beiträge zur Anat. und Physiol. als Festgabe Carl Ludwig etc. gewidmet.* 1875, p. CXCIX), que „le muscle cardiaque ne peut fonctionner d'une manière régulière qu'à l'aide de matériaux nutritifs incessamment renouvelés”, me paraît expliquer, suivant une conjecture déjà émise par M. Kronecker (*l. c.*, p. CXCVIII), l'influence favorable que dans certains cas la contraction elle-même exerce sur la grandeur et l'énergie du resserrement du muscle ventriculaire ; comme exemple, on peut citer le phénomène de la „*Treppe*” (Bowditch), qui se produit lorsque le ventricule est abreuvé de sang frais, et d'autres faits analogues récemment communiqués par M. Kronecker (*l. c.*). Du reste il est très probable que la contraction, rien que par le déplacement qu'elle occasionne dans le liquide dont sont imbibées les cellules musculaires, exerce déjà sur la substance contractile, après un repos plus ou moins long, une influence fortifiante appréciable. C'est ce qui semble résulter du fait constaté par moi (au moyen de la méthode d'enregistrement ci-dessus décrite), que le phénomène de la *Treppe* peut être observé, après un repos prolongé, même sur un cœur complètement exsangue.

L'opinion que *toutes* les contractions déterminées par l'excitation directe du ventricule seraient des mouvements réflexes, est en tout cas insoutenable. Elle est en désaccord avec ce fait, que même le plus petit fragment isolé du ventricule, n'importe où il ait été pris, se contracte d'ensemble, au maximum, après une excitation locale directe. D'après la théorie de la réflexion, il faudrait donc supposer dans chaque parcelle du muscle un appareil réflexe complet, ce que nous avons vu être contraire aux données de l'anatomie, et ce qui manque aussi de toute vraisemblance sous le rapport physiologique. Ceci, bien entendu, ne veut pas dire que dans quelque autre cas la systole du ventricule ne *puisse* être provoquée, en partant du ventricule même, par voie réflexe. Toutefois, la chose n'a pas été prouvée jusqu'ici, que je sache.

Il y a encore un point d'où l'on pourrait soulever une objection contre notre théorie. Pourquoi, demandera-t-on, le processus de la mortification, l'état de rigidité cadavérique, ne se propage-t-il pas de cellule en cellule dans le muscle ventriculaire, tout aussi bien que l'acte physiologique de l'excitation? Nous voyons en effet que dans les muscles striés en travers, et aussi, à ce qu'il semble du moins, dans les troncs nerveux, partout où peut se transmettre l'excitation, peut aussi se propager le dépérissement, la mort. Or, dans le cœur, il est indubitable que la mortification se borne aux cellules directement lésées. Comment, s'il n'en était pas ainsi, pourraient guérir les blessures cardiaques, comment s'expliquerait, par exemple, l'innocuité de l'acupuncture, selon la méthode de Middeldorpf? Après avoir mis chez un certain nombre de grenouilles le cœur à nu, par une très petite incision à la peau, j'ai chez les unes, à l'aide d'une pince, meurtri la pointe du ventricule dans une étendue de plusieurs millimètres, et chez les autres j'ai coupé, sans ouvrir la cavité cardiaque, de petites bandelettes du tissu musculaire de la base du ventricule. Toutes ces grenouilles, conservées isolément, restèrent en vie (à une seule près, qui était morte le lendemain); au bout de 1, 2 ou 3 mois, elles furent sacrifiées. Les cœurs battaient régulièrement, et, sauf aux points écrasés ou blessés par les ciseaux,

avaient un aspect normal. Un seul cas excepté, il ne paraissait pas y avoir eu de rupture du cœur. Dans la cavité du péricarde se trouvèrent assez souvent des caillots fibrineux. Sans aucun doute, les cellules directement atteintes avaient seules péri. — Au même résultat conduisent divers phénomènes intéressants, qui ont rapport à l'action électromotrice du muscle cardiaque après des lésions locales, et que je ferai connaître dans une communication ultérieure.

Ces faits mettraient certainement notre théorie en danger, si réellement le processus de la mortification pouvait, ailleurs, progresser partout où est possible la propagation de l'excitation. Mais tel n'est pas le cas. Quand on examine les choses de plus près, on arrive à cette conclusion importante, que *nulle part* le processus de la mortification ne s'étend par contact de cellule à cellule, mais qu'il est toujours limité aux cellules *directement* attaquées, et cela aussi dans les cas où, pendant la vie, les cellules se communiquent l'une à l'autre par contact leur état d'excitation. Les cellules qui, durant la vie, sont confondues, avec perte de leur individualité physiologique propre, en un individu d'ordre supérieur, recouvrent leur individualité au moment de la mort. 1) C'est là une vérité tout à fait générale, qui s'applique à toutes les cellules unies entre elles en une chaîne conductrice, et par conséquent aussi à l'ensemble du réseau cellulaire animal. Cette vérité, d'une importance fondamentale en ce qui concerne la vie et la mort de l'organisme considéré dans son ensemble, peut être brièvement formulée ainsi: Les cellules *vivent en commun*, mais *meurent isolément*.

Comme preuves à l'appui de cette proposition, je citerai en premier lieu les nombreux exemples de mort circonscrite que nous

1) Sous le rapport anatomique, cela se traduit par l'apparition de limites bien visibles entre les différentes cellules, apparition principalement due sans doute à la diminution du volume des cellules, par suite de la rétraction d'un coagulum albumineux, qui s'est formé dans leur intérieur au moment de la mort. Le liquide exprimé (sérum des cellules) s'accumule entre les cellules. Celles-ci peuvent alors devenir tellement incohérentes qu'elles se séparent au moindre contact, comme il arrive, par exemple, pour les cellules vibratiles des membranes muqueuses et, en général, pour les épithéliums de ces membranes.

présentent les substances nerveuses blanche et grise, à la suite de blessures, d'épanchements sanguins, de compression par des tumeurs ou par des parasites, d'inflammations locales, etc. Ces cas prouvent au moins que la mort ne se propage pas, dans le système nerveux, vers tous les points où peut être conduite l'excitation physiologique. Il est probable que ce qui met obstacle aux progrès de la mort, ce sont précisément les limites des cellules, car on ne voit aucune raison plausible pour laquelle le processus de la mortification s'arrêterait à *l'intérieur* d'une cellule. ¹⁾

Je fixerai, en second lieu, l'attention sur le fait connu que, dans le bout central d'un nerf moteur ou mixte coupé, les fibres motrices dégénèrent seulement à l'endroit même de la section. En m'appuyant ici sur une série d'observations faites, après section, sur le nerf sciatique de la grenouille, je crois pouvoir affirmer que la dégénérescence se propage exactement, dans chaque fibre, jusqu'au plus prochain des étranglements de Ranvier, par conséquent jusqu'à la limite centrale de la cellule directement atteinte par la section. — Le fait que les autres fibres nerveuses, c'est-à-dire, les fibres sensorielles du bout central et du bout périphérique et les fibres motrices du bout périphérique, meurent successivement sur toute leur longueur, ne prouve évidemment rien contre notre proposition. Des causes de mort agissent en effet, dans les trois cas, sur *tous* les points de la longueur des fibres; telles sont, dans les deux premiers cas, l'absence de toute excitation, le repos absolu; dans le second, en outre, ainsi que dans le troisième, l'interruption de la communication avec l'organe central. L'influence

¹⁾ Cela ne veut pas dire, bien entendu, que toute cellule quelconque doive nécessairement mourir en entier lorsqu'une de ses parties a été mortifiée. De même que pour l'organisme total, il y aura à considérer ici de quelle espèce est l'individu lésé, laquelle de ses parties (en grandeur et en situation) a été atteinte et comment elle l'a été, enfin dans quelles conditions de nutrition se trouve la partie encore vivante de l'individu. La remarque ci-dessus ne s'applique essentiellement qu'aux cellules des tissus animaux, c'est-à-dire aux cellules des muscles, des nerfs et des ganglions, chez lesquelles, effectivement, la mort partielle paraît généralement conduire à la mort totale de l'individu cellulaire.

de cette dernière circonstance, que jusqu'ici on cherchait habituellement dans la suppression d'une obscure action „nutritive”, partant des cellules ganglionnaires du centre et se propageant le long des nerfs, cette influence est devenue plus intelligible depuis les recherches anatomiques de MM. Axel Key et Retzius ¹⁾, et me paraît consister en ce que, par suite de la section, la lymphe ne s'écoule plus du bout périphérique (vers le centre), comme dans l'état normal. Il en résulte un trouble de la nutrition, qui peut très bien finir par amener la dégénérescence. La preuve que la communication des fibres nerveuses avec l'organe central n'est pas, en elle-même, une condition absolument nécessaire de la conservation indéfinie de ces fibres, a été donnée, au moins pour un cas, par les expériences faites, dans le laboratoire de notre université, par M. Krenchel. Ayant sectionné le chiasma des nerfs optiques chez des grenouilles, de telle sorte qu'il n'en résultât aucun trouble circulatoire dans ces nerfs, il trouva — comme j'ai pu le constater moi-même dans un cas, cinq mois après l'opération — que les fibres du bout périphérique n'étaient pas du tout dégénérées, ou ne l'étaient que jusqu'à une distance de 1, tout au plus de 2 mm. de la section, et que les fibres de la rétine étaient parfaitement normales. ²⁾

Je rappellerai ensuite, par exemple, ce qui se passe dans les membranes musculeuses lisses de l'uretère et du canal intestinal où les cellules sont unies, sur de grandes étendues, de façon à transmettre par simple contact l'excitation physiologique, d'une manière permanente dans l'uretère, d'une manière au moins temporaire dans le canal intestinal. La lésion locale des cellules ne donne jamais lieu ici qu'à une mort locale du tissu: la mort ne se propage pas de cellule en cellule, comme le fait l'excitation vitale.

Un autre exemple est encore fourni par les membranes muqueuses à cils vibratiles. Ici également, ainsi que je l'ai décrit ailleurs,

¹⁾ *Studien in der Anatomie des Nervensystems*, dans *Archiv für mikrosk. Anat.*, t. IX, 1873, p. 308.

²⁾ *Onderzoek. gedaan in het physiol. labor. der Utrechtsche hoogeschool*, 3e série, t. III, 1874, p. 16 et suiv.

les cellules sont douées de la conductibilité par contact: l'excitation qui met les cils en mouvement court comme une onde de cellule en cellule, ce qu'on peut même encore observer sur des fragments isolés d'épithélium. Or si l'on tue une partie de cet épithélium, par exemple au moyen d'une action mécanique ou thermique, les cellules qui n'ont pas subi l'action directe continuent à vivre. La muqueuse buccale des grenouilles et les branchies de différents mollusques bivalves d'eau douce se prêtent le mieux à la constatation de ce phénomène.

En présence de ces analogies, il serait absurde de vouloir combattre la théorie de la propagation de l'excitation dans le cœur par contact cellulaire en se fondant sur le fait que le processus de la mort ne peut pas, dans cet organe, se communiquer de cellule à cellule.

Après ces considérations théoriques, je reviens à l'expérience dont j'ai parlé au début de ce travail, afin d'y signaler plus en détail différentes particularités, dont l'expérimentateur doit tenir compte ou qui se présentent d'elles-mêmes à l'observation.

Dans les premiers instants après l'opération, la propagation par les petits ponts musculaires qui relie les différentes pièces du ventricule n'est généralement pas encore possible ¹⁾, du moins dans le cas où les ponts ont été faits très étroits. Mais, peu à peu, le pouvoir conducteur s'y rétablit, et cela manifestement d'autant plus vite que la lésion mécanique antécédente a été moindre. Souvent on doit attendre plusieurs minutes, même un quart d'heure et plus, avant que tous les ponts soient redevenus conducteurs. Quelquefois même cela n'a lieu qu'au bout d'une heure ou après un temps encore plus long. Il convient donc, en général, de laisser le cœur après l'opération quelque temps en repos, dans un espace humide. Parfois d'ailleurs, bien entendu, il arrive que par suite d'une lésion trop forte du tissu le pouvoir conducteur soit anéanti pour toujours, spécialement lorsque déjà

¹⁾ Cela peut servir à expliquer pourquoi le phénomène n'a pas été observé plus tôt.

avant l'opération le cœur ne possédait pas beaucoup d'énergie. Surtout dans les mois chauds de l'été un nombre relativement grand d'expériences ont échoué; mais alors aussi les cœurs perdaient toujours très vite (souvent en moins de 10—15 minutes) leur impressionnabilité pour les excitations électriques ou mécaniques directes.

Plus le nombre des pièces en lesquelles le cœur a été découpé est grand et plus les commissures qu'on leur a laissées sont étroites, plus difficile aussi, évidemment, est le succès de l'expérience. Néanmoins, j'ai pu souvent découper de grands ventricules, de 6—7 mm. de longueur, en quatre ou même six parties, et réduire les ponts à environ $\frac{1}{2}$ millim. carré de section transversale, sans que la réussite de l'expérience fût compromise.

Si l'une des pièces du ventricule est encore en connexion avec l'oreillette et que celle-ci continue à battre, on voit, lorsque le pouvoir conducteur s'est partout rétabli, après chaque systole auriculaire se contracter d'abord cette pièce, puis la pièce voisine, et ainsi de suite. La contraction se propage par conséquent en direction péristaltique, de la base au sommet du ventricule. Si la préparation ne montre plus de mouvements spontanés, l'ordre suivant lequel se contractent les différentes pièces dépend uniquement de la situation de la pièce qui a été irritée la première, la contraction partant de celle-ci, pour s'étendre successivement à toutes les autres. Jamais la contraction ne saute une pièce. Toujours elle est maximum, c'est-à-dire, aussi grande qu'elle puisse l'être à ce moment.

L'aptitude conductrice d'un pont se rétablit souvent plus vite lorsque l'une des pièces reliées par lui, ou toutes les deux, sont excitées de temps en temps, par exemple, à des intervalles de plusieurs secondes. En cas d'une pareille excitation, — que ce soit le stimulus naturel des pulsations de l'oreillette, ou bien une irritation artificielle, de préférence celle de l'électricité, — il arrive ordinairement que la seconde pièce, qui n'a pas été excitée directement, éprouve d'abord moins de palpitations que la première: elle ne se contracte, par exemple, chaque fois qu'après deux,

trois ou quatre contractions de la première pièce, ou même encore plus rarement. Peu à peu, toutefois, le nombre des excitations inefficaces diminue, et enfin, après plusieurs minutes, chaque contraction de la pièce directement affectée est suivie d'une contraction de la pièce voisine. L'excitation que la première pièce exerce sur la seconde, par l'intermédiaire du pont, est donc alors devenue, pour parler comme M. Bowditch, infaillible ¹⁾. — Ce que nous venons de voir se passer entre la première et la deuxième pièce, se répète entre la deuxième et la troisième, et ainsi de suite. Finalement, toutes les pièces arrivent à se contracter après chaque excitation. Il n'est pas rare toutefois que, aussitôt la seconde pièce devenue sensible à l'action de la première, la contraction envahisse aussi sans plus de retard la troisième, la quatrième, etc. Dans ce cas, évidemment, le pouvoir conducteur des ponts éloignés s'était suffisamment rétabli, même sans l'influence vivifiante de l'excitation.

La vitesse avec laquelle l'excitation se propage dans le cœur est, dans l'état normal, assez grande pour que toutes les parties semblent se contracter simultanément. Cette apparence peut même encore persister après que le ventricule a été découpé en plusieurs pièces, mais seulement lorsque le cœur était très frais et très énergique. Ordinairement, après l'opération, — surtout si le pouvoir conducteur des ponts n'a reparu qu'après un certain repos, et toujours dans les stades avancés de l'expérience, — la progression ondulatoire de la contraction est directement perceptible à la vue. Souvent la propagation dans les ponts paraît se faire avec plus de lenteur que dans les pièces plus grandes qu'ils unissent, car chacune de ces dernières se contracte en apparence instantanément, comme un seul tout, tandis qu'entre la contraction de deux pièces successives il se passe un temps appréciable. Cela s'observe surtout dans les premiers instants après que les ponts sont redevenus perméables à l'excitation. Plus tard, la propagation peut se faire aussi dans les ponts avec la même

¹⁾ L'explication de cette action favorable de l'excitation résulte des faits exposés ci-dessus, p. 61).

vitesse apparente que dans le reste de la masse musculaire. Ordinairement, toutefois, elle est alors déjà sensiblement ralentie. En outre, l'amplitude de la contraction a aussi déjà diminué.

A l'aide d'un métronome battant les quarts de seconde, la vitesse de propagation moyenne, dans des bandelettes musculaires longues de 10 à 15 mm., obtenues par des incisions appropriées au ventricule, a été trouvée au maximum d'environ 30 mm. par seconde, et le plus souvent de 10 à 20 mm. seulement. Ces valeurs restent naturellement beaucoup au-dessous de celles qui correspondent à l'état normal. Plus tard, à mesure que la mortification fait des progrès, elles tombent encore plus bas. Mais les mesures deviennent alors de plus en plus difficiles et finalement impossibles, parce qu'en même temps l'étendue de la contraction diminue beaucoup.

L'influence de la température sur la vitesse de propagation a pu être constatée très nettement, sans aucun appareil délicat. Un refroidissement de 17° à 5° C. suffisait, par exemple, pour réduire la vitesse de 20 à 8—10 mm. par seconde. En ramenant alors peu à peu la température au degré primitif, on voyait aussi la vitesse se relever jusqu'à environ 20 mm.

Ces données se rapportent, comme les autres, au cœur des *Rana esculenta* et *temporaria*. Toutefois on peut admettre que, à de légères différences près, elles s'appliquent au cœur de tous les vertébrés. Pour ce qui concerne la généralité de la transmission de l'excitation par contact cellulaire, je m'en suis expressément assuré, au moyen de l'expérience fondamentale décrite au commencement de ce travail, chez des poissons (*Anguilla fluviatilis*, *Tinca chrysitis*), des reptiles (*Tropidonotus natrix*, *Testudo graeca*) et des mammifères (*Mus musculus* et *decumanus*, *Lepus cuniculus*). Chez les animaux à sang chaud les recherches sont toutefois rendues plus difficiles par la rapide diminution de l'excitabilité, et chez les poissons par la tendance des différentes pièces du ventricule à exécuter des contractions spontanées.

SUR LA

COMPOSITION ET LA CONSTITUTION

DE

L'ACIDE PLUMIÉRIQUE,

PAR

A. C. OUDEMANS Jr.

Il y a quelques années, il me fut remis par M. le docteur J. E. De Vry une quantité assez considérable du suc laiteux, desséché à l'état frais, du *Plumiera acutifolia*, suc qu'il avait recueilli pendant son séjour à l'île de Java. Je promis d'examiner cette matière, spécialement au point de vue d'un ou de plusieurs acides organiques, qui y avaient été découverts en 1862 par M. J. J. Altheer, mais dont la composition et la nature n'étaient pas encore connues d'une manière certaine.

C'est seulement maintenant que j'ai trouvé le loisir de tenir cet engagement. Des expériences préliminaires, semblant indiquer que la partie du suc laiteux, insoluble dans l'eau, consistait essentiellement en un trioxycinnamate de calcium, m'avaient fait espérer d'arriver par voie de transformation chimique à un acide trioxybenzoïque, d'où il serait peut-être possible de dériver finalement un trioxybenzol encore inconnu. La suite de mes recherches n'a malheureusement pas confirmé cette attente. Bien que les résultats obtenus aient en conséquence moins de valeur que je ne l'avais espéré, ils me paraissent pourtant assez intéressants pour être publiés.

Avant de les faire connaître, toutefois, qu'il me soit permis de donner un résumé succinct des renseignements fournis par MM. Altheer et De Vry au sujet du suc laiteux et de la plante dont il provient.

Dans le *Geneeskundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië*, t. X (nouvelle série t. V), p. 183 et suiv., on trouve le compte rendu d'un examen chimique auquel le suc en question a été soumis par M. Altheer, et en outre quelques détails concernant le *Plumiera acutifolia*. J'emprunte à cette communication les passages suivants:

»Le *Plumiera acutifolia* Poir. est une plante appartenant à la famille des Apocynées, qui, bien qu'on la dise originaire d'Amérique, se rencontre presque partout à Java, dans les autres îles de l'archipel de la Sonde et probablement dans toute l'Asie méridionale, mais qui croît surtout d'une manière luxuriante dans les cimetières et, en général, sur un sol riche en chaux.

»Le nom de *Plumiera* a été donné à ce genre en l'honneur et en mémoire de Charles Plumier (1646—1704), moine franciscain, qui entreprit trois fois le voyage des Indes occidentales, pour y rassembler des plantes et des animaux ¹⁾.

»Le *Plumiera acutifolia* est un arbrisseau subarborescent, s'élevant rarement à plus de 6—8 mètres, à tige charnue, qui ordinairement se divise déjà à partir du sol dichotomiquement, et dont les branches, également très charnues et très succulentes, ne portent qu'aux extrémités, et en nombre médiocre, des feuilles assez longuement pétiolées, étroites, aiguës, longues de 8—12 pouces, placées en spirale, qui donnent à la plante un aspect ombraculiforme.

¹⁾ „La riche collection d'excellents dessins et de descriptions exactes, laissée par Plumier, est restée en grande partie inédite. De ses 1400 dessins il a été fait par le célèbre peintre Aubriet, à la demande de Vaillant, 418 copies, qui furent envoyées à notre compatriote Boerhaave, et dont plus tard la description a été publiée par Jean Burman, professeur à Amsterdam, en dix livraisons, sous le titre: *C. Plumieri plantarum americanarum fasc. X, cur. J. Burmanno*, Amst. et Lugd. B. 1755.”

»Au temps de la floraison, la plante est presque dépourvue de feuilles; mais ses cymes terminales de grandes fleurs blanches compensent alors, par le parfum pénétrant qu'elles répandent sur les tombes, l'impression triste et sombre que produisent ses longues branches divariquées, nues dans la plus grande partie de leur étendue.

»La plante est appelée *sambodja* par les Javanais, et un vocable presque identique la désigne dans les langues soundanaise et malaise. Aux Moluques, elle porte le nom de *kembang gouling tsoutjou*. L'écorce et le suc laiteux, auxquels on attribue des propriétés drastiques, sont employés comme remède par les indigènes, tandis que la racine, dit-on, passe sur la côte du Malabar pour un poison mortel.

»Lorsqu'on fait des incisions à la tige ou aux branches, il en découle immédiatement une grande quantité d'un suc laiteux blanc; c'est à l'extrémité des branches charnues, là où elles sont garnies de feuilles ou de fleurs, qu'on en obtient le plus.

»A l'état frais, le suc est entièrement blanc, a une réaction acide, ne présente aucune odeur et possède une saveur légèrement amère. Examiné au microscope, il montre une masse de globules ronds, agités d'un mouvement continu, et, après évaporation, on peut observer dans le liquide des cristaux rhomboctaédriques ou de formes dérivées de celle-là. Abandonné à lui-même pendant quelque temps, le suc laiteux commence à répandre une odeur qui rappelle celle des fleurs de la plante. Il se couvre d'une écume épaisse, devient alcalin et prend une couleur rouge. Conservé encore plus longtemps, il acquiert l'odeur du castoréum, devient d'un rouge de plus en plus foncé et dépose, outre un sédiment cristallin qui a été reconnu pour le sel calcaire d'un acide organique, un abondant coagulum d'une matière ressemblant un peu au caoutchouc. Ce coagulum se forme immédiatement si l'on ajoute un acide au suc laiteux frais.

»La densité du suc laiteux était en moyenne de 1,03. Le suc se composait de 23 pour cent de la matière susdite, analogue au caoutchouc, et de 77 pour cent d'un liquide aqueux, ayant une densité de 1,045.

»L'addition de l'acide oxalique au liquide aqueux conservé depuis longtemps y faisait naître un abondant précipité d'oxalate de chaux; en même temps il se dégagait différents acides volatils, parmi lesquels l'acide valérianique se faisait immédiatement reconnaître à son odeur caractéristique.

»Les matières fixes qui restaient après l'évaporation et la calcination, et qui consistaient essentiellement en carbonate de chaux, formaient un total assez considérable; la teneur en chaux du suc s'élevait à près de 2 pour cent.»

La recherche d'alcaloïdes, exécutée par M. Altheer suivant la méthode de Stas, n'a fourni que des résultats négatifs, ce qui concorde entièrement avec l'issue des expériences toxicologiques entreprises sur des animaux. En effet, une assez grande quantité de la racine bien divisée, donnée à des chiens, en mélange avec leur nourriture, a été supportée sans aucun inconvénient.

En revanche, M. Altheer croit avoir trouvé dans le suc laiteux, outre les acides gras volatils déjà mentionnés ci-dessus, trois acides végétaux, qu'il distingue par les noms de α -, β - et γ -plumiérique. Le premier fut séparé, sous forme d'une masse cristalline botrytique, du sel calcaire déposé spontanément, dont il a été question plus haut; cette séparation eut lieu en décomposant le sel par le carbonate de potasse, saturant par l'acide acétique la solution alcaline filtrée, la précipitant par le sous-acétate de plomb, décomposant par l'hydrogène sulfuré le précipité lavé, et évaporant enfin à consistance sirupeuse le liquide débarrassé par la filtration du sulfure de plomb. L'auteur décrit l'acide obtenu comme une matière assez difficilement soluble dans l'eau froide, facilement soluble dans l'eau bouillante et dans l'alcool, difficilement soluble dans l'éther et dans le chloroforme, et dont le sel calcique ne se dissout que très peu dans l'eau et pas du tout dans l'alcool.

Le nom d'acide β -plumiérique est donné par M. Altheer à une matière extraite, au moyen de l'hydrogène sulfuré, d'un sel plombique qui s'était déposé dans les eaux de lavage de l' α -plumiérate

de plomb. Cet acide cristallisait sous la forme de dodécaèdres rhomboïdaux, se dissolvait facilement dans l'eau, et fournissait un sel calcique qui n'était que peu ou point soluble dans l'eau. La quantité en était extrêmement faible.

Sous le nom d'acide *γ-plumiérique*, enfin, M. Altheer entend une substance non cristallisable, qui fut retirée du liquide où s'était déposé le sel calcique, en filtrant ce liquide, le précipitant par le sous-acétate de plomb, décomposant le précipité par l'hydrogène sulfuré, filtrant, et évaporant le liquide à une douce chaleur. Le sirop brun restant écumait fortement à 100°. Les tentatives ayant pour objet de purifier cette matière, en la transformant en un sel calcique et isolant de nouveau l'acide par l'acide sulfurique, donnèrent toujours le même résultat négatif.

Au sujet des acides gras volatils (acide valérianique, acide butyrique et acide acétique), trouvés à l'état de sels calciques dans le suc laiteux, M. Altheer remarque qu'ils n'y existaient pas originellement, mais devaient nécessairement être des produits de décomposition, qui s'étaient formés peu à peu dans le liquide abandonné à lui-même. La difficulté de se procurer en peu de temps une quantité un peu considérable de suc, était cause que ce qui devait servir à l'examen était souvent déjà vieux de plusieurs semaines et même de plusieurs mois. Aussi, en soumettant à la distillation, avec de l'acide sulfurique étendu, des branches fraîchement coupées, obtenait-on un produit qui possédait à peine une réaction acide.

La circonstance que M. Altheer avait effectué son travail sur un suc laiteux au moins en partie altéré, éveillait un doute facile à expliquer concernant la valeur des résultats auxquels il était parvenu. Ce doute engagea M. de Vry, pendant son séjour à Java, à étudier de nouveau le suc laiteux, mais en prévenant après chaque récolte la décomposition du suc, par l'évaporation immédiate jusqu'à siccité.

Dans une lettre du 4 octobre 1869, il me communiqua les détails suivants au sujet de ses observations :

»Le suc laiteux frais, recueilli après une longue sécheresse, fut évaporé à 100° et fournit 30,5 pour cent de matière solide. Le suc avait une réaction acide, et il se coagula très promptement, en abandonnant une masse ayant l'apparence du caoutchouc. Traité par le benzol, le suc évaporé se sépara en deux parties, à savoir, une substance analogue au caoutchouc, qui se dissolvait dans le benzol, et un sel calcique insoluble dans ce liquide.

»La solution benzolique contient au moins trois matières différentes: une espèce de caoutchouc, une résine glutineuse, et une résine fragile et incolore, qui forme la masse principale. Cette résine est soluble dans l'alcool et jouit du pouvoir rotatoire à droite. J'ai trouvé $(\alpha)_D = 49^\circ \nearrow$, mais je ne suis pas sûr que la résine fût complètement pure.

»La partie du suc laiteux sec qui ne se dissout pas dans le benzol est essentiellement un sel calcique d'un acide organique encore inconnu. Si on la traite par l'alcool, il s'en dissout une faible proportion. La solution alcoolique, évaporée, laisse une petite quantité d'une matière tenace, qui est soluble dans l'eau. Cette solution aqueuse présente une réaction fortement acide et est colorée en jaune par l'ammoniaque. Le sel calcique qui a subi l'action de l'alcool est complètement dissous par l'ébullition avec l'eau, et il se sépare de cette solution sous forme cristalline. Ces cristaux, toutefois, sont très irréguliers. On obtient des cristaux réguliers en dissolvant le sel dans l'acide acétique étendu bouillant, et laissant la solution se refroidir. J'essayai de transformer, au moyen de l'acétate de plomb, le sel calcique en un sel plombique, afin d'obtenir l'acide de ce dernier à l'aide de l'hydrogène sulfuré; mais cette tentative échoua, car je reconnus que le sel plombique précipité renfermait beaucoup de chaux.

Il me paraît assez probable que les prétendus acides α , β et γ de M. Altheer ne sont autre chose qu'un seul et même acide uni à différentes proportions de chaux."

Le suc laiteux sec, du poids d'environ 700 grammes, qui avait été mis à ma disposition par M. de Vry, consistait en morceaux durs, arrondis, d'un brun foncé, ressemblant assez à de l'opium fortement desséché.

Afin de modifier aussi peu que possible par des influences chimiques les sels calcaires qui en faisaient partie, j'ai extrait les résines en épuisant le suc brut par l'essence de pétrole, liquide dans lequel ces matières se dissolvent avec la même facilité que dans le benzol. Ce qui restait après le traitement par l'essence consistait essentiellement en un mélange, de couleur foncée, de sels calcaires, de menues parties végétales et d'une substance brune, tenace, dont la nature ne peut être définie, mais qui me paraît se rapprocher beaucoup plus des matières humoïdes que des matières analogues au caoutchouc. Cette substance brune laissait à la combustion une quantité considérable de cendres riches en chaux.

Par l'ébullition soutenue avec l'eau, j'obtins une solution jaune pâle de combinaisons calciques; après un repos prolongé, cette solution déposait de petits cristaux d'un sel très facile à reconnaître à sa forme, et qui sera décrit plus loin sous le nom de *plumiérate monocalcique*. Comme, de cette manière, la dissolution des sels calcaires ne se faisait que très lentement, le résidu fut chauffé avec de l'acide acétique très étendu, traitement après lequel il ne resta finalement que des fibres végétales et la matière humoïde mentionnée ci-dessus.

Les solutions obtenues furent décolorées par le charbon animal, puis évaporées. Pendant le refroidissement, il s'y déposa des sels calciques de différentes formes, mais qui néanmoins appartenaient tous au même acide; en effet, en les décomposant par l'acide sulfurique étendu, agitant avec de l'éther, et évaporant la solution éthérée, je n'obtins jamais autre chose que l'*acide plumiérique* qui sera décrit ci-dessous.

Les dernières eaux-mères étaient très fortement colorées et présentaient le phénomène que M. Altheer avait déjà remarqué chez l'acide γ -plumiérique, à savoir, la production d'abondantes

écumes lorsqu'on continue à chauffer le liquide au bain-marie. La quantité de ces eaux mères était toutefois trop petite pour permettre une étude chimique complète. L'addition d'un mélange d'acide sulfurique étendu et d'une solution de bichromate de potasse y provoquait une vive effervescence, et par le refroidissement il se déposait alors une matière cristallisant en petites aiguilles, matière qu'on obtient aussi par l'oxydation directe de l'acide appartenant aux sels calcaires susdits. Il me paraît assez probable que les dernières eaux-mères, dont il est ici question, contiennent le sel calcique d'un glucoside acide, qui doit être considéré comme la substance mère des combinaisons calciques cristallisables (plumiérates) déjà mentionnées.

Pour séparer l'acide — que nous appellerons dorénavant *acide plumiérique* — des sels cristallins obtenus, le meilleur moyen est de décomposer ces sels calciques par l'ébullition avec un excès de carbonate de potasse, de sursaturer par l'acide sulfurique la solution du plumiérate alcalin, et de l'agiter à plusieurs reprises (9--12 fois) avec un égal volume d'éther. Les solutions éthérées donnent par évaporation un résidu, qui bientôt se solidifie et qui consiste principalement en acide plumiérique. On peut ensuite purifier ce produit en le redissolvant dans l'eau et le soumettant à de nouvelles cristallisations.

Essayée par d'autres méthodes, la préparation fournit des résultats très peu satisfaisants. Si l'on décompose un plumiérate soluble, par exemple le sel potassique, ammonique ou calcique, par l'acétate de plomb, on obtient, il est vrai, un précipité blanc; mais ce n'est pas un sel plombique pur, car il contient toujours une proportion considérable du métal entrant dans le plumiérate primitif. La décomposition du précipité plombique par l'hydrogène sulfuré ne fournit donc pas de l'acide plumiérique pur, mais, en outre, des sels acides, qui se déposent lorsqu'on évapore le liquide.

Il est très probable que le soi-disant acide β -plumiérique de M. Altheer n'était rien d'autre qu'un pareil plumiérate acide de chaux.

En décomposant un plumiérate de chaux par l'acide oxalique,

on ne réussit pas non plus à obtenir directement de l'acide plumiérique pur; l'acide mis en liberté dissout une assez grande quantité d'oxalate de chaux, qui ne se sépare jamais entièrement pendant la concentration, de sorte que l'acide plumiérique cristallin renferme toujours du calcium. Ce n'est que par l'action de l'éther sur le produit impur, qu'on parvient à débarrasser celui-ci de l'oxalate de chaux.

Je passe maintenant à la description de l'acide plumiérique et de quelques-unes de ses combinaisons.

Acide plumiérique $C_{10}H_{10}O_5$
(Acide α -plumiérique d'Altheer.)

L'acide plumiérique se sépare de sa dissolution aqueuse, concentrée à chaud, sous la forme de groupes cristallins extrêmement petits, mais bien distincts au microscope. Il est si peu soluble dans l'eau froide, qu'une dissolution très concentrée paraît se coaguler presque entièrement par le refroidissement, et ressemble alors beaucoup à une poudre blanche, délayée dans de l'eau. Par la cristallisation lente, au sein de liquides étendus, il se forme des croûtes cristallines confuses. L'acide se dissout très bien dans l'alcool, assez bien mais lentement dans l'éther, et très difficilement dans le chloroforme.

Il fond à $139^{\circ} C$ ¹⁾, et se décompose à une température plus élevée. Il se dégage alors de l'eau et de l'acide acétique, et plus tard des vapeurs d'un liquide oléagineux épais, qui présente tous les caractères physiques de l'hydrure de cinnamyle.

L'analyse de l'acide, purifié par des cristallisations répétées dans l'eau, a donné les résultats suivants.

¹⁾ La détermination du point de fusion présentait quelques difficultés, parce que, immédiatement au-dessus de ce point, l'acide se décomposait, et qu'il n'était plus identique à lui-même après la fusion. La méthode des tubes capillaires ne pouvait donc pas être employée ici. J'ai pris de petits tubes de verre très minces, scellés à une extrémité, sur la paroi interne desquels de petits cristaux s'étaient déposés par l'évaporation d'une solution éthérée; ces tubes, légèrement fermés à l'aide d'un bouchon de liège, étaient ensuite placés dans un bain de paraffine, qu'on agitait continuellement avec un thermomètre.

1 ^o .	0,3265	gr. d'acide	ont donné	0,6801	gr. CO ₂	et	0,1511	gr. H ₂ O
2 ^o .	0,2926	»	»	0,6133	»	»	0,1350	»
3 ^o .	0,3198	»	»	0,6680	»	»	0,1468	»

Par conséquent :

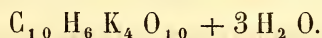
	Trouvé.			Formule n (C ₂ H ₂ O).
	1 ^o .	2 ^o .	3 ^o .	
C	56,9	57,1	56,9	57,1
H	5,1	5,1	5,1	4,8

Les chiffres obtenus s'accordent, comme on voit, avec la composition de tous les acides dont le poids moléculaire est représenté par $n \times C_2 H_2 O$. L'étude des sels montre toutefois, avec beaucoup de probabilité, que la vraie formule de l'acide plumiérique est $C_{10} H_{10} O_5$; ce résultat est encore confirmé par l'étude des produits de décomposition et de transformation auxquels l'acide plumiérique donne lieu sous l'influence de divers agents.

Plumiérates.

La préparation de plumiérates de composition fixe offre des difficultés spéciales, et cela s'explique aisément par la nature chimique de l'acide lui-même. Une étude comparative de divers plumiérates m'a conduit à la conviction que dans la molécule $C_{10} H_{10} O_5$ il doit y avoir 3 groupes hydroxyle et 1 groupe carboxyle. J'ai en effet obtenu des sels dans lesquels $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$ et $\frac{4}{10}$ de l'hydrogène existant dans l'acide étaient remplacés par des métaux; si l'on regarde ces sels comme des produits de dérivation d'une seule molécule d'acide ce qui ne soulève aucune objection, que je sache, il faut que 2 atomes d'oxygène appartiennent au groupe carboxyle et 3 aux groupes hydroxyle.

Plumiérate tétrapotassique.



Cette combinaison prend naissance lorsqu'on chauffe l'acide plumiérique avec un excès de carbonate de potasse en solution, qu'on évapore le liquide jusqu'à consistance sirupeuse et qu'on

le laisse alors quelque temps sous l'exsiccateur. Peu à peu il se forme des cristaux assez grands, dont la forme est difficile à

Fig. 1.



reconnaître. Des individus cristallins très petits m'ont offert distinctement, sous le microscope, la forme représentée dans la fig. 1, qui appartient au système monoclinique et est une combinaison des faces ∞P , ∞P et OP .

Le sel potassique en question se dissout très facilement dans l'eau et montre une grande tendance à tomber en déliquescence à l'air. Sous ce rapport, il ne le cède que peu ou point au chlorure de calcium cristallisé.

La composition du sel a été déduite des analyses suivantes :

0,2786 gr. du sel potassique perdirent par la dessiccation à 160° C. 0,0434 gr. d'eau, perte qui n'augmenta pas à une température plus élevée. Le résidu donna 0,1920 gr. K Cl.

Par conséquent :

	Trouvé.	Calculé.
H_2O	12,3	12,9
K	37,2	37,6

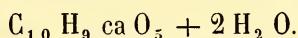
Plumiérates diammonique et triammonique.

Lorsqu'on dissout l'acide plumiérique dans un léger excès d'ammoniaque, qu'on évapore doucement le liquide et qu'on le place ensuite sous un exsiccateur, il s'y forme parfois des cristaux clinoédriques d'un sel très soluble et déliquescent, qui doit nécessairement être un composé triammonique, attendu que, décomposé par le nitrate d'argent, il donne un plumiérate triargentique (voir plus bas).

Si on laisse indéfiniment les cristaux sous l'exsiccateur, en présence de l'acide sulfurique, ils disparaissent de nouveau et le résidu finit par se dessécher en une masse gommeuse, amorphe. Ce changement repose sur la transformation du sel triammonique

en composé diammonique; le résidu amorphe donne en effet, par décomposition avec le nitrate d'argent, un plumiérate diargentique (voir plus bas).

Plumiérate hémicalcique.



Cette combinaison fut obtenue synthétiquement, en mettant en présence l'une de l'autre une molécule d'acide plumiérique et une molécule de plumiérate monocalcique, en solution aqueuse. Par l'évaporation du liquide ainsi constitué, il se déposa de très jolis petits cristaux, qui à la loupe montraient la forme de rosettes, composées de pinacoïdes hexagonaux. L'analyse du sel fournit les résultats suivants :

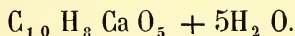
0,4630 gr. de sel calcique perdirent par la dessiccation à 120° C. 0,0334 gr. H₂O, par la dessiccation ultérieure à 160° encore 0,0295 gr. H₂O, et donnèrent ensuite 0,0875 gr. Ca C O₃.

On déduit de là :

	Trouvé.	Calculé.
H ₂ O	12,3	12,9
Ca	7,6	7,6

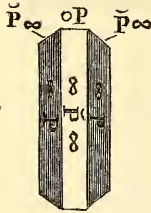
La solubilité du sel dans l'eau froide est faible, à savoir $\frac{1}{200}$ (20° C.). Dans l'eau chaude, toutefois, le sel se dissout plus facilement que les autres-combinaisons calciques de l'acide plumiérique.

Plumiérate monocalcique.



Cette combinaison remarquable existe toute formée dans le suc laiteux du *Plumiera acutifolia*; en effet, un petit échantillon de ce suc, traité par l'essence de pétrole, laisse un résidu dans lequel le sel monocalcique est facile à reconnaître, sous le microscope, à la forme caractéristique de ses cristaux. Cette forme a été rapportée à tort par M. Altheer au système régulier; au jugement de mon collègue, M. Behrens, qui a bien voulu dessiner à la chambre claire un cristal très net, ces cristaux appar-

Fig. 2.



tiennent au système rhombique et présentent les faces ∞P , $\infty \bar{P}$, $\bar{P}\infty$ et OP (voir fig. 2).

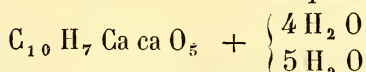
L'eau à 20° C. ne dissout que $\frac{1}{400}$ du sel, mais dans l'eau bouillante celui-ci est un peu plus soluble. Il montre une grande tendance à former des solutions sursaturées, car souvent ce n'est qu'après un temps très long qu'apparaissent de petits cristaux du sel dans une solution qui a été saturée à la température de l'ébullition.

L'analyse du sel a fourni les résultats suivants:

- 1°. 0,5795 gr. de sel ont perdu par la dessiccation à 120° C. 0,1354 gr. H₂O et ont donné 0,1766 gr. Ca CO₃.
- 2°. 0,6443 gr. de sel ont perdu par la dessiccation à 120° C. 0,1852 gr. H₂O.
- 3°. 0,7416 gr. de sel ont perdu par la dessiccation à 160° C. 0,1852 gr. H₂O.
- 4°. 0,3486 gr. de sel séché à 160° ont donné 0,1412 gr. Ca CO₃.
- 5°. 0,5048 gr. de sel séché à 120° ont donné, par la combustion avec Pb Cr O₄, 0,8612 gr. CO₂ et 0,1660 gr. H₂O.
- 6°. 0,4962 gr. de sel séché à 160° ont donné, par la combustion avec Pb Cr O₄, 0,8634 gr. CO₂ et 0,1678 gr. H₂O.
- 7°. 0,3382 gr. de sel séché à 160° ont donné, par la combustion avec Pb Cr O₄, 0,5914 gr. CO₂ et 0,1164 gr. H₂O.

Ces résultats prouvent que le sel monocalcique renferme 5 molécules d'eau de cristallisation, mais qu'il n'en perd que 4½ molécules à 120°, et que même il retient encore énergiquement un peu d'eau après avoir été séché à 160° C. Pour s'en assurer on n'a qu'à jeter un coup d'œil sur le tableau suivant:

	Trouvé.							Calculé.		
	1°.	2°.	3°.	4°.	5°.	6°.	7°.	C ₁₀ H ₈ CaO ₅ +5H ₂ O	C ₁₀ H ₈ CaO ₅ +½H ₂ O	C ₁₀ H ₈ CaO ₅
H ₂ O	23,4	23,5	—	—	—	—	—	4H ₂ O=21,3	—	—
H ₂ O	—	—	24,9	—	—	—	—	4½H ₂ O=23,9	—	—
								5H ₂ O=26,6	—	—
C	—	—	—	46,5	47,4	47,4	—	—	46,8	48,4
H	—	—	—	3,7	3,3	3,5	—	—	3,5	3,2
Ca	12,2	—	—	16,2	—	—	—	11,9	—	16,2

Plumiérate hémicalcique.

De ces deux sels, celui à 4 molécules d'eau de cristallisation a été obtenu par le refroidissement d'une solution contenant un excès de chaux. Il formait de petits prismes courts. L'analyse conduisit au résultat suivant :

0,4004 gr. de sel perdirent par la dessiccation à 160° C. 0,0874 gr. H₂ O et donnèrent 0,1756 gr. Ca CO₃.

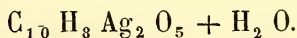
	Trouvé.	Calculé.
H ₂ O	21,8	21,3
Ca	17,6	17,7

Le sel à 5 molécules d'eau de cristallisation a été obtenu une seule fois, sous la forme de longues aiguilles blanches, en faisant bouillir avec l'eau les plumiérites calciques bruts.

L'analyse de cette combinaison fournit les chiffres suivants :

0,4278 gr. de sel perdirent par la dessiccation à 160° C. 0,1102 gr. H₂ O et donnèrent 0,1763 gr. Ca CO₃.

	Trouvé.	Calculé.
H ₂ O	25,7	25,3
Ca	16,5	16,8

Plumiérate diargentique.

Cette combinaison est le produit de la double décomposition du plumiérate diammonique (voir plus haut) et du nitrate d'argent. Elle formait une poudre cristalline blanche, très difficilement soluble dans l'eau, et qui, séchée à l'air à 100° C., ne perdait pas d'eau, quoiqu'elle contînt pourtant, selon toute apparence, 1 molécule d'eau combinée.

Comme cette combinaison commençait déjà à se colorer fortement lorsqu'elle était séchée à 120° C., et se décomposait en grande partie lorsque la température était portée à 160° C.,

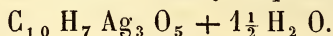
on soumit à l'analyse, dans une nacelle de platine, le sel séché à 100° C.

Voici le résultat de cette analyse :

0,3908 gr. de sel donnèrent 0,3908 gr. CO₂, 0,0728 gr. H₂O et 0,2004 gr. Ag.

	Trouvé.	Calculé.	
		C ₁₀ H ₈ Ag ₃ O ₅	C ₁₀ H ₈ Ag ₃ O ₅ + H ₂ O
C	26,9	28,3	27,1
H	2,6	1,7	2,3
Ag	50,1	50,0	49,0

Plumiérate triargentique.



La préparation de ce composé se fit comme celle du précédent, c'est-à-dire, en décomposant le plumiérate triammonique (voir ci-dessus) par le nitrate d'argent. Il formait un corps cristallin blanc, qui, lorsque la solution chaude était refroidie lentement, se déposait en groupes d'aiguilles réunies autour d'un même centre.

Le sel, séché par l'exposition à l'air, perdait à 100° C. 1,3 pour cent d'eau (0,0119 gr. pour 0,9008 gr. de sel). De ce sel séché à 100° C., 0,4597 gr., brûlés dans une nacelle de platine, donnèrent 0,3701 gr. CO₂ et 0,0682 gr. H₂O. (Le dosage de l'argent manqua, par suite de projection).

0,3409 gr. du sel séché à 100° C. donnèrent ensuite 0,2532 gr. Ag.

Ce sel paraît donc aussi contenir, à 100° C., une molécule d'eau.

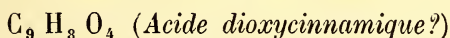
	Trouvé.		Calculé d'après C ₁₀ H ₇ Ag ₃ O ₅ + H ₂ O.
	1°.	2°.	
C	21,9	—	21,9
H	1,7	—	1,7
Ag	—	58,6	59,0

Outre les sels que je viens de décrire, j'ai encore essayé de déterminer la composition d'un sel cadmique et d'un sel cuivrique, qui avaient été préparés par M. de Vrij, et qui, au microscope, offraient une apparence d'homogénéité complète.

Le sel cuivrique ne perdait à 130° C. que 3,1 pour cent d'eau, et contenait, d'après l'analyse, 17,5 pour cent Cu; le sel cadmique perdait par la dessiccation à 140° C. 9,6 pour cent d'eau, et contenait 25,0 pour cent Cd.

Il n'est pas possible de fonder sur ces chiffres des formules simples; on doit donc admettre que, en dépit de leur aspect homogène, ces sels étaient des mélanges de deux ou d'un plus grand nombre de combinaisons.

Phénomènes auxquels donne lieu l'oxydation de l'acide plumiérique par l'acide chromique. Formation d'un acide aromatique.



Lorsque l'acide plumiérique est mis en contact avec l'acide sulfurique et le dichromate de potasse, il y a, même dans le cas d'assez grande dilution, réduction de l'acide chromique. Il se sépare un acide aromatique peu soluble, cristallisant en petites aiguilles clinoédriques, ordinairement coloré en jaunâtre ou en verdâtre par la présence de quelques traces de chrome, mais tout à fait blanc à l'état pur.

Si l'oxydation se fait dans des dissolutions concentrées, ou si l'on favorise l'action chimique par la chaleur, elle est accompagnée d'une vive effervescence, due à un dégagement de dioxyde de carbone. Ce fait, rapproché de l'abondance du produit peu soluble, m'a conduit à penser que la formation de ce dernier, aux dépens de l'acide plumiérique, doit avoir lieu avec formation simultanée d'acide formique.

Pour m'en assurer, j'ai chauffé dans une cornue une petite quantité (1½ grammes) d'acide plumiérique avec une proportion restreinte de dichromate de potasse et d'acide sulfurique étendu, j'ai recueilli le produit qui passait à la distillation, et j'y ai recherché l'acide formique. La présence de cette combinaison a pu être

constatée d'une manière suffisamment certaine à l'aide des réactions avec l'oxyde de mercure et avec la solution ammoniacale d'argent. En outre, une partie du liquide distillé ayant été évaporée avec la baryte, puis additionnée d'acide sulfurique, l'odeur de l'acide formique se manifesta distinctement. La quantité de matière que je possédais était trop faible ¹⁾ pour me permettre de confirmer encore la présence de l'acide formique par l'analyse de l'un ou l'autre de ses sels.

Quant à l'acide peu soluble annoncé ci-dessus, je le purifiai en l'évaporant avec un excès d'ammoniaque, redissolvant le résidu dans l'eau additionnée d'un peu d'ammoniaque, séparant par la filtration l'hydrate chromique mis en liberté, ajoutant au liquide de l'acide sulfurique étendu, faisant sublimer entre deux verres de montre, puis soumettant à la cristallisation dans l'alcool faible.

Le produit ainsi purifié est peu soluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool et dans l'éther. Il fond à une température très élevée (au-dessus de 240° C.), et se sublime sans altération, sous la forme de petites aiguilles très fines, enchaînées l'une à l'autre.

L'analyse de la combinaison a fourni les résultats suivants:

1°.	0,2230 gr.	de l'acide ont donné	0,4948 gr.	CO ₂	et,	0,0854 gr.	H ₂ O.
2°.	0,3091	» » » »	0,6722	» » »	»	0,1237	» »
3°.	0,1720	» » » »	0,3739	» » »	»	0,0650	» »

Par conséquent:

	Trouvé.			Calculé.	
	1°.	2°.	3°.	C ₉ H ₈ O ₄ .	C ₁₁ H ₁₀ O ₅ .
C	59,2	59,2	59,3	60,0	59,5
H	4,1	4,4	4,2	4,4	4,5

En partant des chiffres trouvés, on peut calculer différentes formules, et entre autres les formules C₉H₈O₄ et C₁₁H₁₀O₅, dont la seconde s'accorde encore mieux que la première, quant à la composition centésimale, avec les résultats de l'analyse. Si l'on considère toutefois que la matière étudiée est un produit

¹⁾ De toute ma provision de suc laiteux je n'avais obtenu qu'environ 50 grammes de sels calcaires purs, correspondant à environ 30 grammes d'acide plumiérique.

de démolition de l'acide plumiérique, on comprendra qu'il ne peut guère être question d'une formule où entre C_{11} , et, par contre, la formule $C_9 H_8 O_4$ gagnera en probabilité.

Comme il me paraissait très désirable de contrôler cette formule par l'analyse d'un ou de plusieurs sels, j'essayai d'obtenir, avec la quantité de matière extrêmement petite dont je disposais encore, des sels de composition fixe. Après quelques tentatives infructueuses, je réussis enfin à préparer une couple de sels argentiques, dont la composition, à ce qu'il me paraît, ne laisse presque plus de doute concernant la formule de l'acide.

Le premier de ces sels fut obtenu en dissolvant l'acide dans un excès d'ammoniaque, évaporant la dissolution jusqu'à siccité, reprenant le résidu par l'eau, et précipitant par le nitrate d'argent. La composition de ce sel répondait approximativement, comme l'apprit l'analyse, à la formule $C_9 H_6 Ag_2 O_4$; il est vrai que la proportion de carbone était trop basse et celle d'argent trop élevée, mais cela s'explique aisément par la difficulté d'obtenir, par la méthode indiquée, un sel ammoniac de composition constante. En tout cas, les résultats de l'analyse suffisent, en tenant compte de l'analyse du sel argentique suivant, pour légitimer l'adoption de la formule $C_9 H_6 Ag_2 O_4$.

0,4203 gr. de sel, séchés à 120° et brûlés dans une nacelle de platine, donnèrent 0,4471 gr. CO_2 , 0,0630 gr. $H_2 O$ et 0,2201 gr. Ag.

	Trouvé.	Calculé d'après $C_9 H_6 Ag_2 O_4$.
C	29,0	27,4
H	1,6	1,5
Ag	52,4	54,8

Pour préparer le second sel argentique, on ajouta à l'acide un léger excès de carbonate de potasse et de l'eau, puis on concentra la liqueur; au bout de quelque temps il cristallisa un sel fibroïde, qui, débarrassé de l'eau-mère par la compression entre des doubles de papier, fut redissous dans l'eau et précipité par le nitrate d'argent.

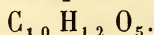
0,4064 gr. du sel argentique ainsi obtenu, séchés à 120° et

brûlés dans une nacelle de platine, donnèrent 0,3178 gr. CO_2 , 0,0512 gr. H_2O et 0,2604 gr. Ag.

	Trouvé.	Calculé d'après $\text{C}_9\text{H}_8\text{Ag}_2\text{O}_4$.
C	21,3	21,3
H	1,4	1,0
Ag	64,0	64,6

La composition des deux sels argentiques montre, en outre, que dans l'acide $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ il existe très probablement un groupe carboxyle et deux groupes hydroxyle unis directement au carbone; résultat qui autorise à croire qu'on a affaire ici à un acide dioxycinnamique, à un acide oxyparacoumarique, ou à quelque autre combinaison de ce genre.

Phénomènes auxquels donne lieu l'action de l'amalgame de sodium sur l'acide plumiérique. Acide dihydroplumiérique



La composition trouvée pour l'acide plumiérique et pour le produit d'oxydation auquel il donne naissance, rendait probable que tous les deux appartenait aux combinaisons dites incomplètes, et devaient, sous l'influence de l'hydrogène à l'état naissant, pouvoir se transformer en d'autres acides, contenant H_2 de plus que la substance mère.

Je reconnus, en effet, que les deux substances étaient modifiées, en solution aqueuse, par l'amalgame de sodium. Ce qui me restait encore de l'acide $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ était en quantité trop minime pour permettre une expérimentation décisive, de sorte que je me bornai à mettre hors de doute la réaction de l'hydrogène sur l'acide plumiérique lui-même.

Cette réaction se fait beaucoup plus difficilement que pour l'acide cinnamique, et, au début, je désespérai presque de pouvoir l'accomplir; une solution modérément concentrée d'acide plumiérique, laissée pendant plusieurs jours sur une couche d'amalgame de sodium, ne change presque pas, et si, après avoir acidifié le liquide, on fait agir sur lui l'éther, celui-ci n'extrait guère autre chose que l'acide plumiérique inaltéré. Pour que la transformation désirée

s'effectue, il est nécessaire de chauffer pendant une suite de jours au bain-marie le liquide et l'amalgame, et même alors il est difficile de faire disparaître les dernières traces d'acide plumiérique.

Toutefois, lorsque la plus grande partie de celui-ci a subi la conversion, l'acide hydrogéné se laisse séparer de la substance mère encore inaltérée, au moyen de l'agitation fractionnée du liquide, préalablement acidifié, avec de petites quantités d'éther. Les premières solutions éthérées contiennent l'acide plumiérique, les suivantes renferment exclusivement, ou presque exclusivement, l'acide hydrogéné. Celui-ci, après que le dissolvant a été chassé par l'évaporation, se distingue immédiatement de l'acide plumiérique. Il forme, en effet, une masse d'abord sirupeuse, qui par les progrès de l'évaporation prend l'aspect d'un vernis, et qui ne devient cristalline que très lentement, parfois seulement dans l'espace d'une couple de jours. Ordinairement il commence par se montrer, à la surface de la matière glutineuse étendue au fond de la capsule, de petites aiguilles cristallines convergeant en un même point, qui s'accroissent très lentement, jusqu'à ce qu'enfin presque toute la substance soit transformée en une masse solide, qu'on peut débarrasser, par une forte compression entre des doubles de papier à filtre, d'une petite quantité de matière visqueuse adhérente. Pour purifier la combinaison, on n'a alors plus qu'à la dissoudre dans une petite quantité d'eau, dont elle se sépare, par évaporation lente, à l'état cristallin.

Le résultat de l'analyse prouve que la combinaison répond effectivement à la composition $C_{10}H_{12}O_5$.

0,4109 gr. de matière ont donné 0,2300 gr. CO_2 et 0,0602 gr. H_2O . Donc :

	Trouvé.	Calculé d'après $C_{10}H_{12}O_5$.
C	56,6	56,6
H	6,0	5,7

L'acide dihydroplumiérique, contrairement à l'acide plumiérique, est très soluble dans l'eau froide, ainsi que dans l'alcool et dans l'éther.

Il ne m'a pas été possible de déterminer exactement le point

de fusion de l'acide, attendu que, au-dessus de 100° C., il prend peu à peu une consistance pâteuse. A 120° C., toutefois, il est entièrement liquéfié. Je ne suis pas tout à fait sûr que ce point de fusion ne soit assez fortement influencé par la présence d'une petite quantité de matière étrangère, car une fois il m'est arrivé de voir un échantillon très pur se solidifier aussitôt après le refroidissement, en passant à l'état cristallin.

Phénomènes auxquels donne lieu la distillation sèche de l'acide plumiérique.

En décrivant les propriétés de l'acide plumiérique, j'ai déjà dit que, soumis à la distillation sèche, il est décomposé de telle sorte qu'il se forme de l'acide acétique et un liquide ayant toutes les apparences de l'essence de cannelle. A mon grand regret, je n'ai pas eu assez de matière à ma disposition pour pouvoir étudier de plus près les corps engendrés par l'action de la chaleur et en déterminer la nature avec une certitude complète. Je dois donc me borner à faire connaître ce que j'ai pu observer concernant la marche de la décomposition.

L'acide plumiérique, chauffé dans une cornue jusqu'au-dessus de son point de fusion, commence bientôt à dégager des bulles de gaz et de vapeur. En premier lieu, il distille un liquide parfaitement limpide, qui a une forte odeur d'acide acétique, et qui paraît effectivement ne consister qu'en cet acide étendu d'eau. La présence de l'acide formique n'a pu être décelée dans ce liquide.

Si l'on continue à chauffer, le contenu de la cornue se colore de plus en plus; il se dégage d'abord des vapeurs d'une huile peu volatile, qui a tout à fait l'odeur de l'essence de cannelle; plus tard, on voit se condenser de faibles quantités d'une matière qui devient *très rapidement cristalline*, et qui par cela seul est déjà caractérisée comme un corps entièrement différent de la matière oléagineuse qui a passé d'abord. Il reste enfin dans la cornue un résidu charbonneux très abondant.

Je me suis donné beaucoup de peine pour obtenir la preuve

que l'huile en question était effectivement l'hydrure de cinnamyle, mais je n'y ai pas réussi. La quantité était si minime, qu'il ne fallait pas songer à analyser ou à purifier le produit. Chauffé avec le dichromate de potasse et l'acide sulfurique, il se transforma en un acide cristallin, mais il me fut de nouveau impossible de décider si cet acide était réellement de l'acide benzoïque ou de l'acide cinnamique; cela ne surprendra personne, si l'on considère combien les caractères physiques de l'acide benzoïque sont modifiés par les moindres impuretés. Tout comme l'hydrure de cinnamyle, l'huile en question exerçait une action réductrice sur la solution ammoniacale de nitrate d'argent.

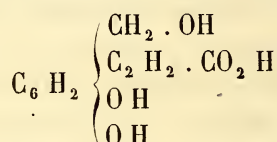
Une seule fois j'ai observé, en chauffant, l'odeur du benzophénone chez certaines fractions du produit de la distillation.

Phénomènes auxquels donne lieu la fusion de l'acide plumiérique avec un excès d'hydrate de potasse.

En faisant fondre de l'acide plumiérique (2 décigrammes) avec de l'hydrate de potasse et quelques gouttes d'eau, j'ai obtenu une masse qui, sursaturée ensuite par l'acide sulfurique et agitée avec de l'éther, a cédé à ce liquide une matière qui cristallisa en partie à mesure que s'évapora l'agent dissolvant. Les petits cristaux, exprimés autant que possible, donnèrent avec le perchlorure de fer la réaction de l'acide salicylique. Pour acquérir plus de certitude à cet égard, j'observai les changements de couleur qu'une solution d'acide salicylique *pur*, mélangée de perchlorure de fer, éprouvait quand on y ajoutait de l'eau en quantité croissante, et je comparai ces changements à ceux que manifestait, dans les mêmes conditions, la matière obtenue; les phénomènes furent identiques de part et d'autre. Je crois donc pouvoir regarder comme très probable qu'il se forme de l'acide salicylique dans l'opération de la fusion de l'acide plumiérique avec la potasse.

Hypothèse concernant la constitution de l'acide plumiérique.

En rapprochant tout ce qui a été dit jusqu'ici au sujet de l'acide plumiérique, et admettant pour un instant que lors de la distillation sèche de cet acide il se forme *effectivement* de l'hydrure de cinnamyle, il me semble assez naturel d'attribuer à l'acide plumiérique le formule de constitution suivante :

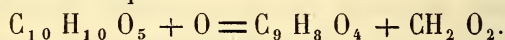


suivant laquelle la combinaison en question ne serait autre chose qu'un *acide oxyméthyl-dioxy-cinnamique*.

La formule donne raison de plusieurs des faits cités dans ce qui précède, et notamment :

1°. Elle s'accorde avec l'existence de 4 séries de plumiérates, séries dont nous avons pu indiquer quelques représentants.

2°. Elle est en harmonie avec la décomposition que l'acide plumiérique subit sous l'influence oxydante de l'acide chromique, décomposition où la partie $CH_2 O$ du groupe oxyméthyle se transforme en *acide formique* :



3°. Elle implique l'existence d'un acide $C_{10} H_{12} O_5$, que nous avons *effectivement* obtenu par l'action de l'hydrogène sur l'acide plumiérique.

4°. Elle est plutôt confirmée que contredite par la circonstance que l'acide $C_9 H_8 O_4$ a fourni des sels dans lesquels 2 H et 3 H étaient remplacés par de l'argent.

Aussi longtemps, toutefois, que l'acide plumiérique n'aura pas fait l'objet d'un travail exécuté sur une plus grande échelle, et que ses rapports avec l'acide cinnamique n'auront pas été mis hors de doute, l'idée que j'ai cru pouvoir émettre concernant la constitution de l'acide plumiérique restera une hypothèse, et rien de plus.

SUR LE
XYLÉNOL LIQUIDE OBTENU AU MOYEN
DU
MÉTAXYLOL (ISOXYLOL),

PAR
S. LAKO.

Les seules données que nous possédons au sujet des matières connues sous le nom de xylénols ont été fournies par M. Würtz (*Comptes rendus*, LXVI, p. 1086; *Ann. der Chemie und Pharmacie*, CXLVII, p. 372) et par M. Wroblevsky (*Zeitschrift für Chemie, neue Folge*, IV (1868), p. 232).

M. Würtz, ayant dissous du xylol brut dans le double de son volume d'acide sulfurique anglais, prépara avec l'acide sulfoné ainsi formé un sel potassique, et fondit celui-ci avec de la potasse dans un creuset d'argent. Le produit fut dissous dans l'eau, acidifié, et agité avec de l'éther; la solution étherée laissa après évaporation une matière phénoloïde, qui à un froid rigoureux d'hiver cristallisa en partie. Les cristaux (*xylénol solide*), comprimés entre des doubles de papier à filtre et purifiés par une nouvelle cristallisation dans l'éther, avaient leur point de fusion à 75° C. La combinaison fondue bouillait à 213°,5, et présentait à 81° C. une densité de 0,9709. Ce qui avait été absorbé par le papier à filtre donna, par distillation avec l'eau, un corps liquide (*xylénol liquide*), qui réfractait fortement la lumière, était insoluble dans l'eau, bouillait à 210°,5, et avait une densité de 1,036 à 0° et de 0,9700 à 81°.

M. Wroblevsky procéda de la même manière que M. Würtz, mais il n'obtint du xylol brut qu'un produit unique, liquide, qu'il appelle *xénol*; il donne pour le point d'ébullition de cette matière le nombre 214°,2 (corr.), et pour la densité à 22° C le nombre 1,0233. Il décrit ensuite plusieurs produits dérivés de ce corps, à savoir, le tribromoxénol, l'acide xylétique et quelques xylétates. (Aucun produit nitré cristallisé n'a pu être obtenu par M. Wroblevsky.)

Comme les recherches de M. Fittig et de quelques-uns de ses élèves nous ont appris que ce qui passait jusqu'alors sous le nom de xylol consiste essentiellement en un mélange de deux diméthylbenzols isomères, les travaux ici rappelés de M. Würtz et de M. Wroblevsky n'ont qu'une valeur relative, et il est clair que, pour acquérir une connaissance exacte de ce qui concerne les xylénols, il convient de répéter sur un diméthyl-benzol unique les recherches entreprises par M. Würtz.

J'ai choisi à cet effet le métaxylol ou isoxylol, dont la préparation, suivant la méthode indiquée par M. Fittig, n'offre pas de très grandes difficultés.

Le xylol du commerce fut chauffé pendant trois semaines environ avec de l'acide nitrique étendu (1 : 3), dans un matras à réfrigérant ascendant; de temps en temps on faisait distiller la matière avec de la vapeur d'eau, pour retenir les produits oxydés et nitrogénés, après quoi on reprenait l'oxydation de la manière susdite. La quantité des produits oxydés et nitrés diminua peu à peu, et finalement il ne s'en forma presque plus du tout. L'isoxylol à peu près pur ainsi obtenu fut transformé en acide sulfoné, avec lequel on prépara différents sels. Le sel barytique est le moins soluble; une solution qui était restée environ quatre semaines à une température de 8° C contenait 10,8 pour cent de sel anhydre. Les sels potassique, sodique et magnésique sont très solubles, surtout le sel sodique.

Le sel barytique cristallisa en petits groupes, dont les extrémités libres ressemblaient un peu à des scalénoèdres; mais aucun cristal positivement déterminable ne fut obtenu.

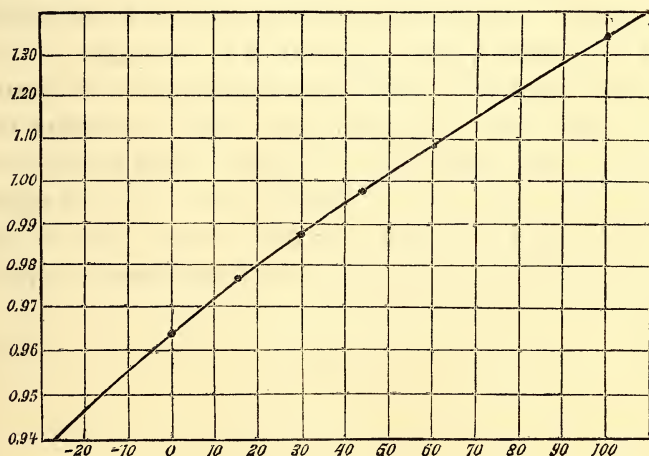
Une partie de ce sel ayant été transformée en sel potassique, celui-ci fut fondu avec de l'hydrate de potasse, puis le produit fut dissous, acidifié et distillé au moyen de la vapeur d'eau. Il passa un liquide oléagineux, qui fut recueilli, distillé encore une fois avec de la vapeur d'eau, et enfin rectifié. On obtint environ un dixième de la quantité théorique du produit.

La masse entière passa entre $206^{\circ}5$ et $208^{\circ}5$, le baromètre marquant 767,8 millimètres; la température d'ébullition était donc plus basse que celle des produits liquides étudiés par M. Würtz et par M. Wroblevsky. Les nombres ici donnés ont reçu la correction relative à la tige du thermomètre. Le produit distillé était limpide comme de l'eau, d'une consistance oléagineuse et fortement réfringent; il manifestait distinctement une odeur de phénol.

Si, comme l'indiquait le mode de préparation, cette matière était un xylénol, l'analyse élémentaire devait fournir 78,68 C et 8,20 H, et la détermination de la densité de vapeur (H étant pris = 1) devait conduire au nombre 61.

L'analyse élémentaire donna 78,73 C et 8,43 H. La densité de la vapeur fut trouvée = 58,4.

Le poids spécifique de la matière fut déterminé à différentes températures, et à l'aide des résultats obtenus on construisit la courbe de dilatation ci jointe où les abscisses représentent la température et les ordonnées les volumes.



Les nombres trouvés pour le poids spécifique sont les suivants :

0°	1,0366
15°,5	1,0242
30°	1,0129
45°	1,0020
59°	0,9903
100°	0,9673

Une partie de la substance fut dissoute dans l'acide acétique, puis on ajouta de l'acide nitrique étendu d'acide acétique, autant qu'il en fallait pour la formation du mononitroxylénol. Après dilution par l'eau, il se sépara une huile épaisse, qui, étant distillée avec de la vapeur d'eau, déposa des aiguilles jaunes dans le récipient. En dissolvant ces aiguilles dans la potasse caustique, on obtint un sel potassique, qui après évaporation cristallisa en belles lamelles, d'une couleur rouge foncé. Le produit mononitré pur, retiré de ce sel potassique, fondait à 68°,5 C. Le sel potassique lui-même donna à l'analyse les résultats suivants :

0,1845 grammes perdirent à 120° 0,041 gr. de leur poids, et fournirent 8,3 c. c. d'azote à 16° C et sous une pression barométrique. de 768 mm. Le sel anhydre contenait donc 6,29 pour cent d'azote; comme produit mononitré, il aurait dû en contenir 6,83 pour cent.

Les résultats qui précèdent conduisent pour le sel potassique étudié à la formule $C_6 H_2 (C H_3) N O_2 K O + 3 H_2 O$.

J'ai aussi essayé, en suivant la même marche, de former un produit dinitré; mais cela ne m'a pas réussi. Le produit obtenu se trouva être un mélange, et sa quantité n'était pas assez grande pour que je pusse séparer par la cristallisation les éléments mélangés.

Par mes expériences il me semble démontré que le xylénol obtenu par moi est identique avec le xylénol liquide préparé par M. Wurtz.

600

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

SUR LA

SOUDURE DES ORGANES GÉNITAUX

DES

OURSINS RÉGULIERS,

PAR

H. J. VAN ANKUM.

Toutes les descriptions et les figures qui ont été données des organes génitaux des Oursins réguliers, — qu'il s'agisse des ovaires ou des testicules, — nous les font connaître comme: *cinq organes entièrement indépendants, qui nulle part ne sont unis entre eux.*

Cette disposition a déjà été indiquée, pour l'*Echinus saxatilis* Müll., par Tiedemann, le premier qui pour le type des Echinodermes ait mérité le nom d'anatomiste. Dans son célèbre Mémoire, *Anatomie der Röhren-Holothurie, des Pomeranzfärbigen Seesterns und Stein-Seeigels*, on trouve entre autres, au sujet des organes génitaux du dernier des trois animaux dont il traite (*Echinus saxatilis* Müll.), la mention suivante ¹⁾: „An der innern Fläche der oberen Hälfte der Schale liegen zwischen den fünf Kanälen mit ihren Seitenästen fünf längliche beträchtlich grosse Ovarien.” Les figures

¹⁾ *l. c.*, p. 85.

jointes au Mémoire montrent ¹⁾, avec encore plus de netteté que la phrase qui vient d'être citée, que chacun de ces cinq ovaires doit être regardé comme complètement isolé, qu'en aucun point les ovaires ne sont rattachés l'un à l'autre.

Cuvier ²⁾, dans la description générale de la structure des Oursins, parle de: „cinq ovaires situés autour de l'anus.” La figure à laquelle le texte renvoie ³⁾ montre aussi qu'il n'existe aucune connexion entre les ovaires. Ainsi qu'on le verra plus tard, il n'est pas sans intérêt de remarquer que la figure appartient à l'*Echinus lividus* Lam., c'est-à-dire à la même forme dont il est traité, sous le nom d'*Echinus saxatilis* Müll., dans le Mémoire ci-dessus rappelé de Tiedemann ⁴⁾. Au premier abord, il semblerait donc n'y avoir aucune différence entre Tiedemann et Cuvier. Mais, en y regardant de plus près, on s'aperçoit que cela n'est vrai qu'en apparence. Tandis, en effet, que Tiedemann ne parle que d'une espèce déterminée, l'*Echinus saxatilis* Müll., il est question, dans le texte de Cuvier, du genre *Echinus* tout entier, et même de tous les Oursins réguliers en général. Dans tous les autres ouvrages ⁵⁾ que j'ai consultés, on trouve indiquée la disposition décrite par Tiedemann, non pas toutefois, comme chez celui-ci, bornée au seul *Echinus saxatilis*, mais, comme chez Cuvier, étendue, sans aucune réserve, au groupe entier des Oursins réguliers.

Une mention à part doit pourtant être faite en ce qui concerne M. Valentin, attendu que celui-ci dit avoir rencontré une disposition des organes génitaux qui, tout en n'étant pas identique à celle

¹⁾ *Ib.*, pl. 10, fig. 1 et 4.

²⁾ *Règne animal*, Zoophytes, p. 24.

³⁾ *Ib.*, atlas, pl. 11, fig. 4.

⁴⁾ Voir aussi Valentin, *Anatomie du genre Echinus*, préface, p. IV.

⁵⁾ Je nommerai, entre autres: Bronn, *Die Klassen und Ordnungen des Thierreichs*, II, p. 327, pl. 37, fig. 6; Claus, *Grundzüge der Zoologie*, 3^{te} Aufl., p. 264; Gegenbaur, *Grundriss der vergleichenden Anatomie*, p. 231, fig. 99; Harting, *Leerboek der Dierkunde*, ongewervelde dieren, 1^{re} afdeeling, p. 1181, fig. 556.

que je ferai connaître tout à l'heure, s'en rapproche plus que tout ce qu'on trouve décrit chez les autres auteurs.

On sait que l'„*Anatomie du genre Echinus*” de M. Valentin est consacrée spécialement à l'*Echinus lividus* Lam., mais que néanmoins, pour mieux éclaircir certains détails, l'auteur a eu quelquefois recours à l'*Echinus sphaera* Müll. et à l'*Echinus brevispinosus* Risso.

En général, il attribue aux organes génitaux ¹⁾, tant aux ovaires qu'aux testicules, la disposition que nous avons appris à connaître plus haut; celle-ci se trouve aussi exprimée dans deux ²⁾ des quatre figures qui représentent ces organes. Mais, en outre, M. Valentin fait la remarque suivante ³⁾: „Une différence particulière, qui s'observe surtout dans les individus de moyenne taille, et d'une manière moins frappante dans l'*E. lividus* et l'*E. brevispinosus* que dans l'*E. sphaera*, est celle-ci: les ovaires pairs sont tellement développés qu'ils se touchent, tandis que celui de l'ambulacre impair postérieur demeure plus isolé, comme je l'ai indiqué dans la fig. 161 de Tab. VIII. J'ai trouvé cette même différence chez les Oursins qui n'étaient point dans l'époque du frai, et dans lesquels les ovaires n'étaient que médiocrement renflés.”

La figure citée par M. Valentin représente l'*E. sphaera*, et, comme il le dit, les ovaires se touchent. Quant à une soudure de ces organes, il n'en est pas question. Il me semble toutefois, à en juger d'après la figure, qu'une pareille soudure existe à un faible degré entre les ovaires que je voudrais nommer — voir plus bas — 1 et 2 (*d* et *e* dans la figure citée).

Nous devons aussi encore signaler dans l'ouvrage de Valentin la figure 127, pl. VII, relative également à l'*E. sphaera*, et où les ovaires sont très rapprochés l'un de l'autre, de sorte qu'on serait tenté de croire à la coalescence de ces organes, si le texte n'était pas entièrement muet à cet égard.

La disposition que M. Valentin a fait connaître dans les organes

¹⁾ p. 103.

²⁾ tab. VII, fig. 128 *n* et fig. 130 *g*.

³⁾ p. 104.

génitaux, à savoir, un développement assez considérable pour qu'ils se touchent, a été rencontrée par moi chez un grand nombre de formes d'Oursins réguliers, chez l'*Echinus sphaera* Müll. ¹⁾ et le *Toxopneustes neglectus* Desm., de Helgoland, et chez beaucoup de formes que j'ai examinées, au printemps de 1875, dans la station zoologique de Naples, telles que *Echinus esculentus* Lam., *Echinus melo* Lam., *Toxopneustes brevispinosus* Risso, *Toxopneustes lividus* Lam., *Psammechinus microtuberculata* Blv.

Mes recherches m'ont appris que dans toutes ces formes on trouve un développement très variable des organes sexuels. Tandis que quelques individus montraient ces parties très éloignées l'une de l'autre, ailleurs il n'existait entre elles presque aucune séparation. Tout comme M. Valentin (voir ci-dessus), j'ai reconnu que les organes génitaux peuvent acquérir une grande extension, aussi bien chez les individus non encore arrivés à l'état de maturité sexuelle, que chez ceux qui sont aptes à se reproduire.

Dans la fig. 1 (pl. IX) j'ai donné une figure schématique de la position et des rapports que présentent les glandes sexuelles lorsqu'elles sont entièrement séparées, et j'ai distingué ces glandes par les chiffres 1—5. Comme on le sait, les bandes interambulacraires se rattachent aux petites plaques génitales, et par conséquent une de ces bandes correspond à la plaque madréporique. La glande sexuelle située dans la région interambulacraire de la plaque madréporique a été marquée, tant dans cette figure-ci que dans les figures suivantes, du chiffre 1. Le test étant alors tenu le sommet en bas et cette région interambulacraire dirigée vers l'observateur, nous donnons successivement aux autres glandes sexuelles, de droite à gauche, les quatre chiffres suivants.

Mais, chez un grand nombre d'individus, tant mâles que femelles,

¹⁾ Dans quelques communications sur le même sujet, insérées dans le *Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging*, t. I, p. 52 et 176, j'ai désigné cette forme sous le nom de *Echinus esculentus* L. Ce nom, toutefois, est à proprement parler une désignation collective; il embrasse l'*Echinus sphaera* Müll., de la Mer du Nord, et l'*Echinus esculentus* Lam., la forme qui dans la Méditerranée prend la place de l'*Echinus sphaera*. Voir Valentin, *o. c.* préface, p. II.

appartenant à différentes espèces, à différents genres et à différentes familles d'Oursins réguliers, et provenant de Helgoland, de Naples et de l'Océan Indien, j'ai appris à connaître, pour les organes génitaux, une disposition tout autre que celle qui vient d'être indiquée.

Dans les cas de beaucoup les plus fréquents, toutes les glandes sexuelles (ovaires et testicules) étaient unies, soudées entre elles par une commissure très épaisse, à l'exception des glandes 5 et 1, qui étaient toujours isolées l'une de l'autre. On aura une idée nette de cette disposition en jetant un coup d'œil sur les fig. 2 et 3. Les ovaires ou les testicules étant ici tous soudés en une seule masse continue, il ne saurait plus être question, à proprement parler, de cinq glandes sexuelles *distinctes*, bien qu'on puisse encore en reconnaître l'existence originelle, comme le montrent les figures.

Dans d'autres cas, la commissure s'observait encore partout, sauf entre les glandes 5 et 1, 1 et 2. La glande 1 est alors entièrement isolée, tandis que les quatre autres glandes constituent une seule masse cohérente.

J'ai encore rencontré, quoique beaucoup plus rarement, quelques autres dispositions, qui seront mentionnées tout à l'heure.

Entre la coalescence des organes génitaux et leur simple rapprochement, il existe naturellement une grande différence. Lorsque tous ces organes sont soudés entre eux, sauf 5 et 1 (fig. 2 et 3), — disposition que j'ai dit avoir rencontrée dans la grande majorité des cas, lorsqu'il y avait soudure, — on peut les extraire tous à la fois du corps de l'animal, sous la forme d'une masse unique et continue. En outre, si deux glandes sexuelles sont réellement unies par une commissure, celle-ci sera facilement mise en évidence par une coupe menée dans une direction telle que l'indique la ligne pointillée de la fig. 3. La fig. 4 montre comment les choses se présentent sur une pareille coupe: 4 et 5 y marquent les deux ovaires; sur la surface mise à découvert par l'instrument tranchant, la commissure se voit en section. Ni l'un ni l'autre des deux caractères susdits ne se retrouvent lorsque les cinq organes de la génération sont seulement rapprochés l'un de l'autre, quelque

direct que soit d'ailleurs leur contact. Je fixe spécialement l'attention sur ce point, parce que j'ai rencontré des cas assez nombreux où les organes génitaux étaient tellement serrés l'un contre l'autre, qu'à première vue on était porté à croire qu'une soudure avait eu lieu; il faut donc avoir soin de bien distinguer ces deux dispositions des organes génitaux, — le contact et la soudure, — très semblables en apparence mais fort différentes au fond.

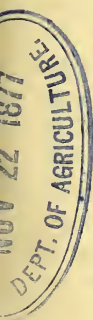
Mes recherches ont porté en premier lieu sur 44 exemplaires d'*Echinus sphaera* Müll. de Helgoland, forme d'Oursin qu'on peut obtenir presque journellement au pourtour immédiat de cette île. Deux de ces exemplaires avaient été rapportés par moi de Helgoland en 1872, et cinq en 1873; quant aux 37 autres, je les ai examinés à Helgoland même, du 1^{er} au 22 juillet 1874. La table suivante résume brièvement les résultats de cet examen. Dans la colonne des „Observations” il est parlé de sillons plus ou moins profonds qu'on trouve à la surface des glandes sexuelles, comme le montre la fig. 3, qui représente la moitié supérieure d'un *Echinus sphaera* Müll. coupé horizontalement, le pôle apical étant tourné vers le bas et le canal intestinal ayant été enlevé tout entier. En comparant cette figure avec la fig. 3, on voit immédiatement que ces sillons sont des impressions dues à la présence du canal intestinal. Dans la table, je mentionne simplement l'existence de ces sillons, sans rappeler chaque fois leur origine.

Dans tous les cas où la table ne donne aucune indication spéciale à cet égard, les individus examinés se trouvaient à l'état de maturité sexuelle: les œufs étaient complètement développés dans les ovaires et les testicules renfermaient des milliers de spermatozoïdes.

Numéro.	Sexe.	Rapports mutuels des cinq glandes sexuelles.	Observations.
1.	Femelle.	Aucun des ovaires n'est soudé aux autres.	
2.	Femelle.	Toutes les glandes sexuelles soudées entre elles, sauf 5 et 1.	
3.	Mâle.	Id.	
4.	Femelle.	Id.	
5.	Femelle.	Id.	
6.	Femelle.	Toutes les glandes sexuelles soudées entre elles, sauf 5 et 1, 1 et 2.	
7.	Mâle.	Id.	
8.	Mâle.	Toutes les glandes sexuelles soudées entre elles, sauf 5 et 1.	
9.	Mâle.	Id.	
10.	Femelle.	Id.	Tous les ovaires, surtout 2 et 4, ont à la face inférieure libre, et l'ovaire 1 en outre au côté gauche, un large sillon.
11.	Mâle.	Id.	
12.	Femelle.	Id.	Sillons comme dans n° 10; celui de l'ovaire 1 est toutefois petit. On ne rencontre pas d'ovules entièrement développés.
13.	Femelle.	Id.	Ovaires 2, 3 et 4 à sillon distinct.
14.	Femelle.	Ovaires 5 et 1 non soudés; ovaires 1 et 2 unis tout au plus par 2 ou 3 sacs ovulaires; ovaires 2 et 3 unis davantage, quoique encore assez peu; rapport des ovaires 3 et 4 semblable	Tous les ovaires, surtout 2 et 3, à sillon très profond, (voir, au sujet de la position de l'œsophage, l'observation relative au n° 15). On ne rencontre pas d'ovules entièrement développés.

Numéro.	Sexe.	Rapports mutuels des cinq glandes sexuelles.	Observations.
15.	Femelle.	à celui de 1 et 2; ovaires 4 et 5 fortement soudés. Tous les ovaires soudés entre eux, sauf 5 et 1, 1 et 2.	Une partie de l'anse, par laquelle la portion ascendante de l'œsophage se relie à la portion descendante, est un peu déplacée du milieu vers le côté de l'animal et occupe la partie supérieure de l'espace entre les ovaires 1 et 2. Par cette situation de l'œsophage, la soudure entre les ovaires 1 et 2 a été empêchée. Une disposition <i>plus ou moins</i> analogue se voit dans l'œsophage du n° 14. Le sillon des ovaires est assez distinct, sauf celui de l'ovaire 1.
16.	Femelle.	Tous les ovaires soudés entre eux, sauf 5 et 1, 2 et 3. L'union entre les ovaires 1 et 2 est toutefois beaucoup moins prononcée qu'entre 3 et 4, 4 et 5.	Oesophage offrant un peu la même disposition que dans le n° 15. Par suite, il y a dans la commissure de 1 et 2 une dépression, destinée à recevoir une partie de l'anse de l'œsophage. Sillon distinct aux ovaires, mais non à l'ovaire 2.
17.	Femelle.	Tous les ovaires soudés entre eux, sauf 5 et 1.	Petit sillon aux ovaires, sauf à l'ovaire 1. On ne rencontre pas d'ovules <i>entièrement</i> développés.

Numéro.	Sexe.	Rapports mutuels des cinq glandes sexuelles.	Observations.
18.	Mâle.	Tous les testicules soudés entre eux, sauf 5 et 1.	Dans la commissure de 1 et 2 il y a une petite dépression pour une portion de l'anse œsophagienne.
19.	Mâle.	Aucun des testicules n'est soudé avec un autre.	Bien qu'à l'état de complète maturité sexuelle, les testicules sont petits (longueur 32 mm., largeur 8,5 mm.) et se trouvent à de grandes distances l'un de l'autre. Aucune trace de sillon sur les testicules.
20.	Femelle.	Tous les ovaires soudés entre eux, sauf 5 et 1	Sillons sur une couple d'ovaires, mais assez peu distincts.
21.	Femelle.	Ovaires 2 et 3, 3 et 4 soudés légèrement, mais pourtant distinctement. Soudure beaucoup plus forte entre 4 et 5. Soudure absolument nulle entre 5 et 1, 1 et 2.	
22.	Femelle.	Aucun des ovaires n'est soudé à un autre.	Ovaires, surtout 3 et 4, bien qu'à l'état de parfaite maturité fonctionnelle, très petits; pour l'ovaire 4, longueur 19 mm., largeur maximum 9,5 mm. L'Oursin lui-même est d'ailleurs d'une belle taille, la distance du pôle apical au pôle buccal s'élevant à 64 mm.
23.	Femelle.	Id.	Ovaires, bien que parfaitement mûrs, petits; en moyenne, ils



Numéro.	Sexe.	Rapports mutuels des cinq glandes sexuelles.	Observations.
24.	Mâle.	Tous les testicules soudés entre eux, sauf 5 et 1.	mesurent 29 mm. en longueur et 7 mm. en largeur maximum. Les commissures ne sont toutefois pas très fortes. Maturité sexuelle complète; au moindre contact, il s'écoule en abondance, de tous les testicules, un liquide blanc laiteux, qui fourmille despermatozoïdes.
25.	Femelle.	Aucun des ovaires n'est soudé à un autre.	Ovaires petits.
26.	Femelle.	Id.	Id.
27.	Femelle.	Soudure presque nulle; il n'y a que les ovaires 2 et 3, 4 et 5 qui soient unis entre eux par un petit nombre de sacs ovulaires.	
28.	Femelle.	Ovaires 3 et 4, 4 et 5 unis entre eux en une masse épaisse. Entre les ovaires 5 et 1 il n'y a pas de soudure. Il n'y en a pas non plus entre 1 et 2, 2 et 3. Ceux-ci toutefois, dans leur croissance, s'étaient tellement rapprochés l'un de l'autre à la partie supérieure de l'Oursin, qu'il semblait que leur coalescence dût s'effectuer d'un moment à l'autre.	Tous les ovaires présentent un sillon distinct.

Numéro.	Sexe.	Rapports mutuels des cinq glandes sexuelles.	Observations.
29.	Femelle.	Tous les ovaires unis entre eux, sauf 5 et 1, 1 et 2.	L'anse de l'œsophage (voir les observations au n ^o 15) est placée dans l'espace entre les ovaires 1 et 2. L'anse formée par l'intestin lorsqu'il se replie pour former la seconde circonvolution s'est reculée entre le premier et le second ovaire.
30.	Femelle.	Aucun des ovaires n'est soudé à un autre.	
31.	Femelle.	Tous les ovaires unis entre eux, sauf les ovaires 5 et 1.	
32.	Femelle.	Aucun des ovaires n'est soudé à un autre.	Exemplaire <i>très petit</i> , appartenant pourtant sans aucun doute à l' <i>Echinus sphaera</i> Müll. Distance entre les deux pôles, de la base et du sommet, 33 mm. Ovaires très petits; longueur 11,5 mm., largeur maximum 4,5 mm.
33.	Femelle.	Id.	Petit.
34.	Femelle.	Tous les ovaires soudés entre eux, sauf 5 et 1.	
35.	Femelle.	Tous les ovaires soudés entre eux, sauf 5 et 1, 1 et 2.	Un sillon distinct à tous les ovaires.
36.	Femelle.	Tous les ovaires soudés entre eux, sauf 5 et 1.	Sillons très profonds à tous les ovaires. Deux des ovaires montrent des sillons doubles.
37.	Femelle.	Id.	
38.	Femelle.	Id.	

Numéro.	Sexe.	Rapports mutuels des cinq glandes sexuelles.	Observations.
39.	Femelle.	Tous les ovaires soudés entre eux, sauf 5 et 1.	Un fort sillon à chaque ovaire.
40.	Femelle.	Id.	La soudure des ovaires est si complète, que la masse accuse à peine l'existence originelle de cinq ovaires distincts.
41.	Femelle.	Id.	Entre les ovaires 1 et 2 il n'y a toutefois qu'une union légère.
42—44.	Femelles.	Id.	

En récapitulant l'ensemble des résultats consignés dans cette table, on voit que, des 44 individus d'*Echinus sphaera* Müll. trouvés à Helgoland, il y en a 35 chez qui les glandes sexuelles étaient soudées entre elles. Dans ce nombre je compte aussi les numéros 14 et 27, quoiqu'ils ne présentassent ce phénomène qu'à un faible degré. La soudure mutuelle des organes génitaux est donc bien un fait très général. Il l'est moins toutefois que je ne croyais pouvoir le supposer, — en 1874, lorsque je repris mes recherches à Helgoland, — d'après les sept individus que j'avais recueillis les deux années précédentes et examinés après mon retour. Tandis, en effet, que de ces 7 individus (les premiers de la table) un seul ne montrait pas de soudure, parmi les 37 examinés en 1874 il y en avait 8 chez qui la soudure n'existait pas. En grande partie, toutefois, je crois pouvoir expliquer cette moindre fréquence du phénomène par les circonstances dans lesquelles ont vécu quelques-uns des animaux mentionnés au tableau. Des 37 individus en question, 28 seulement furent pêchés en mer par moi-même, tandis que les autres provenaient d'un des „*Hummerkästen*” dans lesquels les pêcheurs de Helgoland conservent les homards. Or ces 9 Oursins avaient déjà passé un certain temps dans ces réservoirs, en attendant une occasion qui permit de les expédier à l'aquarium de Hambourg ou à celui de Berlin. Dans notre table, ils figurent sous les

numéros 19—27, et parmi ceux-ci, justement, il y en a cinq, à savoir nos 19, 22, 23, 25 et 26, qui ne montrent pas du tout de soudure, et un, le n° 27, qui n'en offre que des traces. La captivité, bien que n'ayant pas empêché les animaux d'arriver à l'état de maturité sexuelle, semblerait donc avoir exercé une influence peu favorable à la soudure.

Parmi les 35 individus chez qui la soudure a eu lieu, il y en a 26 (dans ce nombre je dois bien comprendre aussi le n°. 14) où elle s'est opérée entre toutes les glandes sexuelles, sauf entre 5 et 1. Cette disposition est donc de beaucoup la plus fréquente. Des 9 autres individus, 6 affectent une disposition où les glandes 5 et 1, 1 et 2 ne sont pas unies entre elles, mais où toutes les autres le sont. Chez les 3 individus (nos 16, 27, 28) qui alors restent encore de ceux à glandes sexuelles cohérentes, la soudure ne s'est pas produite non plus entre 5 et 1, ni, chez 2 d'entre eux, entre 1 et 2. Chez le troisième spécimen, le n° 16, bien que la soudure ait eu lieu entre 1 et 2, elle est néanmoins, comme l'indique le tableau, beaucoup plus faible entre ces deux glandes qu'entre les autres ovaires unis par coalescence. Les nos 16 et 28 s'accordent en ce que chez eux l'union ne s'est pas faite non plus entre les glandes sexuelles 2 et 3; quant au n° 27, il n'offre presque pas de soudure du tout, si ce n'est entre 2 et 3, 4 et 5.

La table montre clairement que la soudure n'est pas en rapport avec le sexe de l'individu, qu'elle s'opère tout aussi bien entre les testicules qu'entre les ovaires. A ce propos, je ferai remarquer qu'on ne doit pas accorder trop de confiance à l'opinion suivant laquelle, à l'époque de la maturité sexuelle, les ovaires se reconnaîtraient à la couleur jaune ou rouge des œufs, tandis que les glandes séminales resteraient blanches. Je partage plutôt l'avis de Bronn ¹⁾, qui dit au sujet des organes génitaux: „von deren äusserer Färbung unabhängig mag nur im Innern die Milchweissliche Farbe der männlichen Flüssigkeit beständig sein.”

Le tableau suivant est la récapitulation générale des dispositions observées chez l'*Echinus sphaera* Müll. de Helgoland:

¹⁾ *Die Klassen und Ordnungen des Thierreichs*; II, p. 327.

	Nombre des individus.
Pas de soudures.	9
Soudures, sauf entre 5 et 1.	26
» » » 5 et 1, 1 et 2.	6
» » » 5 et 1, 1 et 2, 2 et 3.	1
» » » 5 et 1, 1 et 2, 3 et 4.	1
» » » 5 et 1, 2 et 3.	1
Total	44

Outre les 44 exemplaires d'*Echinus sphaera* Müll., j'ai encore examiné à Helgoland, quant aux organes génitaux, deux exemplaires de *Toxopneustes neglectus* Desm. Chez ces deux individus, du sexe femelle, tous les ovaires, à l'exception de 5 et 1, étaient soudés entre eux. Chez l'un d'eux la coalescence était même si intime, que, tout comme dans le n° 40 des *Echinus sphaera* Müll., on ne reconnaissait plus qu'avec peine l'existence originelle de cinq ovaires distincts.

Mes recherches ont ensuite porté sur quelques pièces conservées dans l'esprit-de-vin, à savoir, un individu femelle d'*Acrocladia mamillata* Ag., trois individus de *Tripneustes angulosa* Ag., dont deux femelles et un mâle, et six individus d'*Echinometra lucunter* Ag., dont quatre appartenaient au sexe femelle, deux au sexe mâle. Chez tous les individus de ces formes d'Oursins si différentes, toutes de la Mer des Indes, j'ai trouvé, tant chez ceux du sexe mâle que chez ceux du sexe femelle, une union intime, une véritable soudure entre les glandes sexuelles, sauf toutefois, invariablement, entre les glandes 5 et 1.

Des résultats en grande partie discordants avec ceux qui viennent d'être communiqués m'ont été fournis par un certain nombre d'individus, tant mâles que femelles et tous entièrement développés sous le rapport sexuel, de divers Oursins réguliers que j'ai examinés à Naples l'an dernier, pendant les mois de mars, avril et mai.

Chez aucune des formes de la famille des Echinides: *Echinus esculentus* Lam., *Echinus melo* Lam., *Toxopneustes brevispinosus* Risso, *Toxopneustes lividus* Lam., *Psammechinus tuberculata*

Blv., je n'ai trouvé les glandes sexuelles soudées l'une à l'autre. Dans quelques individus, comme je l'ai déjà dit ci-dessus (p. 100), les organes génitaux avaient bien acquis un volume très considérable, de manière à se toucher directement, — mais nulle part il n'était question d'une union, d'une soudure, telle que nous avons appris à la connaître. Ce résultat est d'ailleurs en parfaite conformité avec le fait que Tiedemann et Valentin ne font nulle part mention de la soudure des glandes sexuelles. J'ai déjà rappelé plus haut, que les recherches de ces deux savants ont porté sur la même espèce (*Echinus (Toxopneustes) lividus* Lam., syn. *E. saxatilis* Müll.). Les individus qu'ils ont étudiés provenaient de la Méditerranée. Pas plus que moi, ils n'ont vu de soudure des organes génitaux chez l'*Echinus lividus*. Ainsi s'explique aussi, — attendu que cette forme, qui, au-moins dans la Méditerranée, paraît être à l'abri des soudures, a servi de type pour l'anatomie des Oursins, — la circonstance qu'aucun auteur ne dit un mot de l'union des glandes sexuelles.

Du résultat négatif de mes premières observations je croyais déjà devoir conclure que dans le golfe de Naples aucun Oursin régulier ne présenterait les soudures qui faisaient l'objet de mes études. Mais lorsque, ne me bornant plus aux seuls Echinides, j'étendis mes recherches à la famille des Cidarides, je reconnus bientôt qu'une pareille conclusion était prématurée. J'eus l'occasion d'examiner à Naples un grand nombre d'individus, tant mâles que femelles, du *Cidaris hystrix* Lam., espèce qui vit en abondance dans ces parages, à une grande profondeur. Chez tous ces individus, une trentaine environ, sans aucune exception, je trouvai toutes les glandes sexuelles, sauf de nouveau 5 et 4, unies entre elles.

Les commissures qui reliaient les organes génitaux les uns aux autres étaient toutefois, en général, moins développées qu'elles ne le sont chez d'autres Oursins, notamment chez l'*Echinus sphaera* Müll. Dans la fig. 5 j'ai représenté trois ovaires du *Cidaris hystrix* Lam., avec leurs commissures.

Si l'on compare entre eux les divers cas dans lesquels nous

avons trouvé ci-dessus une soudure des glandes sexuelles, on sera nécessairement frappé du fait que, là même où une union intime s'opère entre tous les autres ovaires ou tous les autres testicules, on cherche toujours en vain une bande commissurale entre les glandes 5 et 1. En outre, les observations que j'ai communiquées au sujet de l'*Echinus sphaera* Müll. font voir que la soudure entre les glandes sexuelles 1 et 2 se rencontre moins fréquemment que celle entre les autres glandes, sauf, bien entendu, 5 et 1.

J'ai tâché de trouver une explication de ce manque constant d'union entre 5 et 1, et de ce défaut assez fréquent d'union entre 1 et 2; cette explication je crois pouvoir la donner.

Je pose en principe, qu'il faut admettre comme *primitive* la disposition dans laquelle les glandes sexuelles forment des organes séparés, sans commissures. Dans ce cas, l'individualité originelle des antimères, qui, d'après l'hypothèse de Haeckel sur l'évolution phylogénétique du type des Echinodermes ¹⁾, peut être regardée comme le point de départ de ce type, est encore moins difficile à reconnaître que là où s'est opérée une soudure des glandes sexuelles. Du reste ²⁾, lors même que les organes génitaux des Oursins se présentent comme cinq parties entièrement distinctes, la centralisation est déjà fortement accusée. Cette disposition, en effet, peut être dérivée de celle qui existait chez les premiers représentants de ce type, et qui aujourd'hui encore se voit chez les Astéries, par l'union de deux glandes sexuelles appartenant à deux rayons différents, c'est-à-dire, par centralisation.

Lors donc que nous constatons, comme nous l'avons fait ci-dessus pour différents Echinoïdes, une soudure mutuelle des organes génitaux, nous pouvons dire que chez ces formes, comparées à celles où la soudure n'existe pas, *il y a eu un accroissement de centralisation, c'est-à-dire, une évolution dans le même sens que celle qui s'observe dans la série entière des états successifs sous lesquels le type des Echinodermes est apparu à la surface du globe.*

¹⁾ *Generelle Morphologie*, t. II, p. LXIII.

²⁾ Voir Gegenbaur, *Grundriss der Vergleichenden Anatomie*, p. 231.

Maintenant, si la soudure ne s'effectue *jamais* entre certaines glandes sexuelles (5 et 4), et se réalise *moins fréquemment*, au moins chez l'*Echinus sphaera* Müll., entre certaines autres (1 et 2), cela ne nous autorise nullement à juger moins forte la tendance à la soudure mutuelle de ces glandes. Pour le faire comprendre, je dois décrire, avec plus de précision que cela n'a lieu ordinairement, la marche du canal intestinal et spécialement la situation de ses différentes parties. Je supposerai, dans le cas où le pôle apical est tourné en bas, que la glande sexuelle 4 soit dirigée vers l'observateur, et, dans le cas contraire, que cette glande soit opposée à l'observateur. Les fig. 1 et 2 éclairciront la description.

On sait que l'œsophage, traversant la lanterne d'Aristote, s'élève presque verticalement jusqu'au sommet. *Là il se réfléchit le long de la paroi interne du test, et descend dans la région ambulacraire à gauche de la glande sexuelle 4, en contact immédiat avec elle.* Ensuite l'œsophage se continue avec l'intestin, qui est beaucoup plus large. Au point où s'opère ce passage, il y a une poche cœcale. La première partie de l'intestin, avec la poche cœcale, se trouve encore tout juste dans la région ambulacraire de la moitié supérieure du test. Dès que l'intestin est arrivé dans la moitié inférieure du test, il fait une circonvolution de gauche à droite. Cette circonvolution de gauche à droite se termine, dans la moitié inférieure du test, par une anse se trouvant dans la région interambulacraire de la glande 4. Cette anse, qui occupe un espace assez grand, est donc située au-dessous de la première glande sexuelle. L'intestin se dirige ensuite, par une seconde circonvolution, de droite à gauche.

Ces deux circonvolutions forment, comme on le sait, de petites sinuosités ayant leur convexité, dans les régions interambulacraires, tournée vers le bas, de sorte qu'il y reste, dans la moitié supérieure du test, un espace suffisant pour le placement des glandes sexuelles.

La dernière circonvolution de l'intestin, arrivée près de la région ambulacraire à gauche de la glande 4, se réfléchit en ligne droite, le long de la paroi du test, vers l'anus. *La dernière portion du canal intestinal, le rectum, se trouve donc dans la même région*

ambulacraire que l'œsophage, à gauche de celui-ci et à droite de la glande sexuelle 5.

Dans la région ambulacraire située entre les glandes 5 et 1, l'espace est donc entièrement occupé par l'œsophage, avec le commencement de l'intestin et le cœcum qui en dépend, et par le rectum.

On voit que, si aucune union ne se fait entre les glandes sexuelles 5 et 1, cela tient à ce que pour l'extension de ces glandes, respectivement à droite et à gauche, il ne reste pas d'espace disponible.

La cause de l'absence assez fréquente chez l'*Echinus sphaera* de toute soudure entre les glandes sexuelles 1 et 2 me paraît également devoir être cherchée dans la disposition du canal intestinal.

Au-dessous de la glande sexuelle 1 se trouve, ainsi que nous venons de le voir, la grande anse formant l'origine de la seconde circonvolution. A raison de l'espace occupé par cette anse, il y a moins de place pour la première partie de la seconde circonvolution dans la moitié inférieure du test. Il pourra donc arriver que cette première partie refoule un peu la première sinuosité, tournée vers le haut, de la seconde circonvolution, par suite de quoi l'espace nécessaire pour que les glandes 1 et 2 puissent s'étendre respectivement à droite et à gauche ne sera plus, dans certains cas, disponible.

Ainsi pourra déjà s'expliquer en partie le défaut *éventuel* de soudure entre les glandes sexuelles 1 et 2, chez des individus où toutes les autres glandes, à l'exception bien entendu de 5 et 1, sont unies entre elles. Mais, le plus souvent, le défaut en question devra être attribué à une petite déviation latérale de l'anse par laquelle la portion ascendante de l'œsophage se continue avec la portion descendante, et au placement d'une partie de cette anse entre les glandes sexuelles 1 et 2, comme je l'ai indiqué d'une manière plus circonstanciée dans la table, spécialement à l'occasion du n° 15.

Il suit donc de ce qui précède, que ce sont des causes exclusivement

mécaniques qui empêchent la production de soudures entre les glandes sexuelles 5 et 1 et parfois entre 1 et 2, alors que toutes les autres glandes se soudent l'une à l'autre.

De tout ce qui précède, on peut tirer les conclusions suivantes :

1°. Chez beaucoup d'individus appartenant à différentes espèces, à différents genres et à différentes familles d'Oursins réguliers, on ne retrouve plus, lors du développement complet, l'état originel des glandes sexuelles, celui où elles forment cinq organes *entièrement* distincts.

2°. Chez ces individus, les glandes sexuelles sont au contraire soudées l'une à l'autre, souvent très fortement.

3°. Il est possible que la production ou l'absence de ces soudures dépende des conditions plus ou moins favorables dans lesquelles vivent les animaux.

4°. Dans le cas où la soudure se produit, elle peut avoir lieu partout où elle n'est pas empêchée par des causes mécaniques.

5°. Là où ces soudures existent, elles constituent un progrès du développement, dans la même direction qu'a suivie, selon l'hypothèse de M. Haeckel, l'évolution phylogénétique du type des Echinodermes à la surface du globe.

EXPLICATION DES FIGURES

(Pl IX et X).

(Toutes les figures sont de grandeur naturelle).

Fig. 1. *Echinus sphaera* Müll.

(Schématique; les ovaires très distants l'un de l'autre, tels qu'ils sont décrits par tous les auteurs).

Le canal intestinal et les lettres qui s'y rapportent sont tracés en rouge.

l. Lanterne d'Aristote; *o'*. première portion de l'œsophage, qui sort de la lanterne et va jusqu'au pôle apical; *o''*. dernière portion de l'œsophage, appliquée à la face interne du test (en réalité, cette partie de l'œsophage, avec le commencement de l'intestin et notamment avec l'appendice cœcal, se trouve plus au voisinage immédiat de l'ovaire 1); *i.* intestin, *c.* appendice cœcal, à l'origine de l'intestin; 1. ovaire situé dans la région interambulacraire de la plaque madréporique; 2, 3, 4, 5, ovaires successifs à droite de l'ovaire 1; *a, b, c, d, e,* oviductes; *r.* rectum; *z.* anse située dans la moitié inférieure du test, formée par la première circonvolution, lorsqu'elle se replie, pour former la seconde circonvolution.

Fig. 2. *Echinus sphaera* Müll.

(D'après un de mes individus de Helgoland: tous les ovaires soudés, sauf 5 et 1).

Indications pareilles à celles de la fig. 1.

Fig. 3. *Echinus sphaera* Müll.

Indications pareilles à celles de la fig. 1. De même que la fig. précédente, celle-ci est faite d'après un de mes individus de Helgoland. Le canal intestinal est entièrement enlevé. Sur la plupart des ovaires, on remarque un sillon profond. Pour la ligne pointillée *xy*, voir l'explication de la figure suivante.

Fig. 4. *Echinus sphaera* Müll.

Coupe des glandes sexuelles, suivant la ligne pointillée *xy* de la fig. 3; vue par la surface de section.

Fig. 5. *Cidaris hystrix* Lam.

(D'après un de mes individus de Naples).

Les ovaires ont été enlevés du corps de l'animal et étendus dans un même plan par la pression. Les ovaires 5 et 1 sont omis.

HISTOIRE D'UN COCON D'ARAIGNÉE

(*AGELENA S. AGROECA BRUNNEA* Blackw.),

PAR

A. W. M. VAN HASSELT.

Bien que, après m'être donné beaucoup de peines pour débrouiller l'histoire dont il est ici question, j'aie reconnu que le résultat auquel j'étais parvenu manquait de nouveauté, je crois néanmoins devoir rendre un compte fidèle de mes observations, tant à cause de l'intérêt du sujet, que parce qu'après tout il y reste encore quelques points plus ou moins obscurs, qui sollicitent de nouvelles recherches.

On sait qu'il existe certains cocons d'araignées qui sont suspendus ou fixés à des appendices ou pédicules plus ou moins longs. Les plus connus d'entre eux sont le grand cocon de l'*Epeira (Meta) fusca* Blackw. et le petit cocon du *Theridium (Ero) variegatum* du même auteur; çà et là on trouve encore cités, entre autres, le cocon du *Linyphia zonata* Walk., figuré par Vinson, et celui du *Theridion trigonum* Hentz, de l'Amérique du Nord.

Parmi ces cocons pédiculés, il y a une forme indigène qui depuis près de huit ans, — en 1868 elle m'a été communiquée pour la première fois des environs de Breda par mon ami M. Heylaerts, et depuis lors je l'ai reçue de plusieurs autres personnes, mais jusqu'ici je ne l'ai pas encore trouvée moi-même, — avait attiré mon attention particulière, d'autant plus que, au premier abord, j'avais douté que ce fût réellement un cocon d'„araignée”.

Il s'agit d'un petit cocon fort élégant, blanc de neige, d'un aspect moitié soyeux, moitié papyracé ou parcheminé; à surface non pas précisément lisse, mais pourtant ni laineuse, ni poilue; d'un tissu très serré; en forme de cône, de cloche ou de bouteille (Pl. XI, fig. 1) ¹⁾; fermé à la base du cône par un opercule de même couleur et de même nature, mais d'un tissu plus fin, membraneux, circulaire, partout adhérent; enfin mesurant, — y compris le pédicule, — chez les plus grands exemplaires que j'ai examinés 12 à 14 mm. de longueur sur 6 à 7 mm. de largeur, chez la plupart 8 à 10 mm. sur 4 à 5, et chez les plus petits 6 mm. sur 3. A l'état sec le tissu est opaque, mais chez les exemplaires conservés dans l'alcool il laisse apercevoir vaguement, au sommet du cône, près de l'extrémité inférieure du pédicule, les œufs, généralement jaune soufre, quelquefois blanchâtres (fig. 1 b). Ces œufs sont renfermés dans une enveloppe spéciale, sphérique, très mince, où ils se trouvent, d'après mes observations, au nombre de 12 à 32 ²⁾.

Sous le rapport descriptif, il y a encore à remarquer que depuis les œufs jusqu'à l'opercule du cocon il reste un espace libre, relativement grand, et que le long pédicule du cocon, qui au point d'attache est élargi en éentonnoir, se montre aussi, surtout vu dans l'esprit-de-vin, creux à l'intérieur, formant pour ainsi dire le col de la petite bouteille.

Pendant longtemps, la vraie origine de ce cocon est restée entourée pour moi d'un profond mystère, et la chose est d'autant plus piquante qu'à mon insu, et dès les premières années de mes recherches arachnologiques, je possédais, parmi mes exemplaires non encore déterminés, un couple adulte de l'espèce à laquelle le cocon appartient, à savoir, un mâle venu je ne sais d'où ni comment, et une femelle capturée par moi-même aux environs d'Utrecht, mais sans cocon.

¹⁾ Je dois ces dessins à la main habile de mon ami M. Snellen van Vollenhoven.

²⁾ Dans la plupart des cocons, que j'ai ouverts, il y avait de 12 à 18 œufs; dans deux des plus grands, j'ai trouvé, une fois 15 œufs et 16 petits éclos, une autre fois 13 œufs et 19 petits.

La cause de mon ignorance persistante à l'égard de ce petit nid, c'est qu'aucun des observateurs qui l'ont trouvé dans notre pays n'a assisté à sa construction, ni rencontré sur lui ou dans son voisinage l'araignée femelle, qui en est l'architecte véritable ¹⁾.

Jusqu'ici, ce cocon n'a encore été observé que dans quatre de nos provinces: le plus fréquemment dans le Brabant septentrional (aux environs de Breda, par M. Heylaerts, M. W. Albarda et M. Leesberg), ensuite dans la province d'Utrecht (près de Baarn par M. Ritsema, près de Vuursche par M. Maitland, et près de Soest par M. Swierstra), une fois dans la Gueldre (près d'Arnhem par M. Ritsema) et une fois dans la Hollande septentrionale (près de Hilversum par M. Snellen van Vollenhoven). Il est probable toutefois qu'il est répandu plus généralement; du moins, deux jeunes individus de l'araignée à laquelle on l'attribue ont aussi été rencontrés dernièrement, par moi-même, dans la Hollande méridionale (environs de la Haye, au lieu dit *Scheveningsche boschjes*).

Le plus souvent le cocon s'observe sur des bruyères (*Erica vulgaris* et autres espèces), quelquefois aussi il est attaché à des tiges de graminées, de roseaux ou de joncs. De Geer, Simon, Lucas, Menge, Blackwall et nos observateurs hollandais nomment tous en premier lieu l'*Erica*. Je le trouve indiqué en outre, d'une manière plus exceptionnelle: sur l'aubépine (Doumerc), sur les aiguilles du sapin (Brehm), sur la mousse et sur le genêt (Hardy), sur l'écorce, nue ou recouverte de lichen, du *Pinus sylvestris* (Heylaerts et Leesberg), sur le tronc du hêtre (W. Albarda), au bas d'un treillage en bois (Swierstra).

Outre l'incertitude que tous les ouvrages à moi connus laissent subsister quant à la question de savoir si un seul des observateurs a bien jamais constaté lui-même la fabrication du cocon par une araignée déterminée, une seconde source de difficultés gît dans le fait que ce cocon est loin de présenter toujours l'aspect propre

¹⁾ La description de Blackwall, *History of Spiders*, p. 160, ne dit pas clairement, si cette bonne fortune était échue en partage à l'observateur auquel elle se réfère, M. Hardy; pas plus que la description de M. Lucas, qui sera citée plus loin, ne nous apprend si M. Simon a vu construire le cocon.

et élégant qui a été décrit ci-dessus. Souvent, en effet, sa forme gracieuse a été plus ou moins masquée, soit, comme le pensent quelques-uns, accidentellement ou d'une manière passive, par la pluie, la poussière, les éclaboussures de boue ¹⁾, soit, ce qui me semble beaucoup plus probable, intentionnellement ou d'une manière active, par l'araignée elle-même. Peut-être aussi, les choses se passent-elles tantôt de la première manière et tantôt de la seconde. Quoi qu'il en soit, fréquemment on trouve des exemplaires qui sont si complètement enduits, *plâtrés* ou crépis d'une couche plus ou moins épaisse de terre et de sable, que la couleur et la forme primitives ne se laissent plus distinguer, et que le cocon lui-même est devenu plus grand et a parfois pris une forme plus globuleuse (Pl. XI, fig. 2). Quelques-uns de ces exemplaires, — que je n'ai reçus que de M. Ritsema, et qui paraissent être plus rares chez nous, ou bien attirer moins l'attention, parce qu'ils ne tombent pas si facilement dans l'œil, — étaient depuis longtemps en ma possession, sans que je soupçonnasse leur identité avec le cocon lagéniforme. Plus tard, voulant examiner la structure et le contenu de l'un d'entre eux, je le débarrassai autant que possible, après macération dans l'eau tiède, de la couche de crépi qui le recouvrait, et je pus alors reconnaître distinctement la clochette blanche primitive.

Comme troisième cause de doute concernant l'identité de notre cocon, on doit encore citer la circonstance que tantôt on le rencontre pendant à son pédicule, et tantôt dressé et comme porté sur lui (voir fig. 4 et 7). Ce dernier état paraît devoir être regardé comme la position originelle, qui plus tard, sous l'action seule du vent et de la pluie, ou par le poids croissant des œufs, ou surtout par la charge de l'enduit de boue, etc., passe à la position pendante.

Après que j'eus appris à connaître ces cocons, plusieurs années se passèrent sans qu'il me fût possible de découvrir quels pouvaient

¹⁾ C'est ainsi que M. Menge croit que le pédicule est d'abord ramolli par la pluie, et qu'alors la petite bouteille, devenue pendante, est recouverte de poussière et de sable.

en être les architectes. Ni Hahn et Koch, ni Westring n'en ont parlé; chez Walckenaer, je ne trouvai d'abord rien qui y eût rapport, parce que je ne m'avisai pas de le consulter à l'article *Attides*; chez Blackwall, la chose m'échappa, parce que l'araignée ne figure pas sur la même planche que le cocon, et parce que celui-ci, surtout à l'état non crépi, n'est pas représenté très distinctement; l'ouvrage de Simon n'était pas encore en ma possession à cette époque, et la section de l'ouvrage de Menge, où ce sujet est traité, ne parut que beaucoup plus tard.

Le premier éveil me fût donné par un dessin au trait (Pl. XI, fig. 3) et une description de de Geer, — à qui on doit sans doute rapporter l'honneur de la découverte, — dans les *Abhandlungen zur Geschichte der Insekten*, Nürnberg, 1783, t. VII, pl. 13, fig. 10. De Geer ne sut toutefois pas déterminer les jeunes sortis des œufs. Il décrivit bien, avec raison, les yeux comme placés „en deux lignes transversales”, mais il figura plutôt, d'après la forme du corps et la position des yeux, une *Lycoside*. Un dessin tout semblable d'un „cocon en forme de cloche”, mais sans aucune indication concernant l'architecte, et probablement emprunté à de Geer, se trouve dans Giebel, *Gliederthiere*, p. 370.

De M. Heylaerts je reçus ensuite un dessin d'un petit nid dressé (fig. 4), dessin tiré de Brehm, *Illustrirtes Thierleben*, t. VI, p. 594. Sans indiquer l'espèce, Brehm attribue le nid à une *Lycoside* ou „araignée-loup”.

A priori, toutefois, je ne pouvais accorder aucune valeur à cette opinion, vu qu'un pareil cocon serait une trop grande anomalie chez les *Lycosides*, qui, comme l'on sait, emportent avec elles, sous l'abdomen ou avec les parties de la bouche, le sac qui contient leurs œufs.

C'est alors seulement que je devins possesseur de l'ouvrage de Simon, *Histoire naturelle des araignées*, où, à la page 322, je reconnus sans hésitation le cocon dont j'étais préoccupé, bien que les deux figures de Simon (voir ma fig. 5), tant celle de l'état naturel que celle du cocon coupé, le représentent assez imparfaitement. L'auteur avait trouvé lui-même le cocon près de Spa,

mais ne connaissait évidemment pas, à cette époque, la fabricante, puisque, à l'exemple de Walckenaer, il la rapporte aux *Attides*, sous le nom de *Attus Doumerci* (d'après le premier observateur français de cette espèce). Sa description du cocon est aussi entièrement conforme à celle donnée par Walckenaer, *Aptères*, I, p. 425. Mais, ici encore, je doutais à priori beaucoup que le cocon eût l'origine indiquée, qu'il appartint à une *Attide*. Toutes les araignées sauteuses que je connais construisent, en effet, d'une manière très simple et très ordinaire le sac qui contient leurs œufs, et elles restent aussi dans son voisinage plus ou moins immédiat, tandis que, pour notre cocon en bouteille, l'animal mère n'a encore jamais été rencontré sur lui ou près de lui, du moins chez nous. Il m'a été impossible jusqu'ici de les obtenir tous les deux ensemble. Une fois je reçus de M. Ritsema un cocon sur lequel il avait trouvé une araignée morte, mais je reconnus celle-ci pour une *Epeira patagiata* ♀; une autre fois, M. Heylaerts m'en envoya un avec un exemplaire desséché de *Zilla reticulata* ♂; quelques-uns enfin, communiqués par le même, étaient accompagnés de jeunes individus de *Meta tigrina*; de toutes ces espèces je connaissais le cocon, de forme très ordinaire, et il n'y avait donc pas lieu de s'y arrêter.

Le but principal devint alors d'essayer de faire éclore de petites „bouteilles” fraîches et d'élever les jeunes. Cela réussit une couple de fois à M. Heylaerts, mais, lorsque les jeunes m'arrivèrent, ils étaient déjà morts et dans un état de dessiccation qui les rendait méconnaissables. Ils me permirent pourtant de constater au microscope, d'après la position des yeux, qu'il ne s'agissait ici ni d'une espèce de *Lycosa* ni d'une espèce d'*Attus*, ce que d'ailleurs j'avais déjà présumé depuis longtemps. Finalement, à la fin de juillet 1872, j'obtins aussi moi-même, dans une boîte à couvercle en verre et humectée journellement avec un peu d'eau, l'éclosion d'un cocon ordinaire (non crépi) ¹⁾, qui me donna 3 jeunes, dont

¹⁾ En ce moment, j'ai de nouveau deux cocons dont il est sorti un certain nombre de petits; je nourris ceux-ci de jeunes araignées d'espèces très menues, qu'ils dévorent avidement, ou de parcelles de vers de farine, mais journellement il en meurt quelques-uns.

deux ne voulurent pas croître et ne tardèrent pas à mourir. Le troisième, placé dans un flacon garni au fond de sable et de mousse et rempli plus haut de ramilles de bruyère, resta en vie. C'était une femelle, qui d'abord se développa très lentement, mais qui ensuite, après que j'eus commencé à la nourrir d'œufs et de très petits jeunes d'*Epeira diadema*, crût de plus en plus et mua à différentes reprises. A défaut d'autre nourriture, je lui donnai alors de petites mouches et des tipules, mais jamais je ne la vis y toucher. N'observant plus aucun accroissement, je résolus, à la fin d'octobre, de mettre mon élève, qui maintenant était assez avancée pour se laisser reconnaître, dans l'esprit de vin, afin de procéder à la détermination et de classer ensuite l'espèce dans ma collection. A ce moment, une circonstance imprévue m'appela hors de ville, de sorte que je différâi de quelques jours l'exécution de mon projet, me bornant (ce qui est indispensable dans les éducations de jeunes araignées) à verser quelques gouttes d'eau dans le flacon. Jamais délai ne me causa plus de contrariété. Tout naturaliste comprendra la profonde déception que j'éprouvai lorsque, revenu de mon excursion et courant à mon flacon, je n'y découvris plus, au premier abord, aucune trace de ma précieuse pensionnaire. Qu'était-il arrivé? Le flacon se trouvait recouvert d'un morceau de soie noire descendant assez bas, qui était percé d'un petit trou par lequel j'introduisais habituellement la nourriture et l'eau nécessaires. Là, sans que je l'eusse vu (car je regardais toujours au fond de la bouteille, où *mon* araignée se tenait constamment entre la mousse), s'était établie et malheureusement développée une des jeunes *Epeira*. La couverture enlevée, je trouvai, dans les fils tendus par cette Epeire, les restes méconnaissables de mon inconnue.

Mon expérience *décisive* avait donc échoué en grande partie. Du moins, la certitude complète, sur un point qui pour moi était alors nouveau, m'avait échappé. Toutefois, pendant les trois mois où ma jeune élève brun jaunâtre, à cephalothorax et abdomen rayés de noir, n'avait pu se soustraire, en dépit de la longueur de ses jambes de derrière et de la rapidité peu commune de sa

marche, à mon examen fugitif mais réitéré, j'avais acquis la conviction formelle :

- 1°. que ce n'était pas une *Lycosa* ;
- 2°. qu'elle n'appartenait pas non plus aux *Attides* ;
- 3°. que l'arrangement des yeux paraissait avoir le plus de rapport avec celui des *Agelenides* ;
- 4°. que le port présentait une grande analogie avec celui qu'on est accoutumé de rencontrer chez les *Tegenaria* et les *Philoica*.

Ce n'est qu'après l'échec dont il vient d'être rendu compte, que j'eus l'idée de comparer les Agélénides de ma collection avec l'image, encore vivante dans mon esprit, de ma défunte élève. A la suite de cet examen, je crus pouvoir la rapporter, avec un haut degré de probabilité, à l'*Agelena brunnea* Blackw., dont alors seulement je découvris que je possédais un couple adulte ; néanmoins, je n'étais pas assez sûr de mon fait pour songer à publier cette (soi-disant) découverte. Je m'aperçus alors, en outre, que Blackwall (p. 160) avait non-seulement connu ce cocon (ou un cocon très analogue), mais l'avait aussi figuré, un peu grossi et légèrement altéré ; toutefois il l'avait figuré, non avec son *Agelena*, mais sur une autre planche ¹⁾ (reproduite dans ma fig. 6 : *a* cocon encore nu, *b* cocon crépi), et c'est cette circonstance, — jointe au peu de précision du dessin du cocon nu, dont la forme diffère entièrement de celle de son cocon plâtré, — qui avait longtemps détourné mon attention. Plus tard je reconnus aussi le même cocon, plus distinctement, sur un dessin de Menge ²⁾, reproduit dans ma fig. 7).

J'en étais là de mes recherches, lorsqu'une communication de de M. Lucas ³⁾ vint donner le dernier mais non le moins solide appui à la diagnose en question, et me fournir ce que j'avais cherché si longtemps et avec tant de peines.

Bien que d'accord sur beaucoup de points avec ce qui précède,

¹⁾ *History of Spiders*, pl. XII.

²⁾ *Preussische Spinnen*, IV^e Partie, p. 285, pl. 165.

³⁾ *Bulletin des séances de la soc. entomol. de France*, du 11 Juin 1873.

la description de M. Lucas est assez intéressante pour que je la transcrive en entier :

„J'ai fait connaître, en 1870, un cocon très remarquable par sa forme, et que j'ai considéré alors comme étant construit par l'*Attus Doumerci* Walck. Notre confrère Simon, dans son *Histoire naturelle* etc., a représenté cette singulière habitation et a formé avec l'aranéide, qui en est l'architecte, un sous-genre, auquel il a donné le nom de *Lagénicole*. D'autres auteurs, parmi lesquels je citerai M. Simon lui-même, ont depuis étudié ce cocon, et ont reconnu que cette habitation n'était pas construite par une aranéide de la famille des *Attides*, mais bien par l'*Agroeca* (*Agelena*) *brunnea* Blackw. Ce qui a causé (?) cette erreur ¹⁾, c'est que l'on trouve assez souvent (*sic*) le cocon de cette aranéide entièrement nu, c'est-à-dire non achevé, pas encore recouvert à l'extérieur de fines parcelles de sable et de terre, disposées de manière à cacher aux yeux de l'observateur le tissu blanc mat soyeux, qui compose l'enveloppe. C'est dans cette condition, que j'ai étudié dernièrement, avec notre confrère J. Kunckel, un cocon de cette aranéide, contenant des œufs fécondés, dont j'ai obtenu plusieurs éclosions. En examinant les jeunes aranéides, qui en sont sorties, j'ai remarqué qu'elles sont entièrement d'un blanc testacé ²⁾, et que les organes de la vision sont disposés comme chez les espèces du genre *Agroeca*. Quand, au contraire, après avoir étudié ce même cocon ainsi protégé, on l'isole ensuite de son enveloppe, on retrouve cette habitation telle qu'elle a été décrite et figurée, affectant la forme d'une bouteille. Ce cocon extrêmement curieux se trouve assez abondamment en Normandie (Honfleur), fixé aux ramuscules de l'*Erica vulgaris*; aussi en Bretagne, etc.”

Encore un indice tendant à confirmer que le cocon décrit par M. Lucas et par moi est identique ou du moins analogue à celui

¹⁾ Je ne comprends pas très bien comment la circonstance, que ce cocon se trouve sous deux formes, peut avoir été „cause” qu'on l'a attribué autrefois à une espèce du genre *Attus*!

²⁾ Cela était également le cas pour mes jeunes araignées, mais elles prirent bientôt une couleur plus foncée, jaune brunâtre.

de Blackwall, c'est que d'un de mes cocons hollandais il est sorti un *Ichneumon* parasite, de la même espèce que celui qui a été figuré par Blackwall (Pl. XII), à savoir, un individu femelle du *Pezomachus fasciatus*.

Je pourrais terminer ici cette „histoire de cocon” peut-être déjà trop longue, si ce n'était que mes derniers doutes ne sont pas encore dissipés quant à la complète identité de l'aranéide indiquée jusqu'ici comme le constructeur du cocon, et surtout quant à la question: s'il n'y aurait pas lieu de regarder comme constructeurs plusieurs espèces du genre *Agroeca*, plutôt qu'une seule?

Bien que, en effet, mes deux exemplaires de cette aranéide se rapprochent le plus, comme il a été dit, de l'*Agelena brunnea* Blackw., je ne suis pas tout à fait sûr de cette détermination, surtout en ce qui concerne la position des yeux¹⁾. Blackwall, rapportant ses exemplaires au genre *Agelena*, décrit celui-ci, avec raison, comme ayant les deux rangées d'yeux „à convexité tournée en arrière”. Or, chez les miens, cela est bien vrai des yeux du vertex, mais beaucoup moins, ou même pas du tout, de ceux du front, qui me paraissent situés sur une ligne à peu près droite. Je ne trouve pas non plus que les yeux médians de la rangée antérieure soient „manifestement” plus grands que les autres. Mais ceci est un peu difficile à voir, parce que les yeux sont placés sur un fond noir, ou entourés de cercles noirs, qui se confondent en partie les uns avec les autres. En tout cas, je trouve beaucoup moins de différence dans la grandeur que dans la forme, qui pour les yeux latéraux, tant antérieurs que postérieurs, me paraît plutôt ovale que circulaire. Blackwall, du reste, n'a pas été très ferme sur ce chapitre, car dans la figure de la ♀ il dessine les yeux conformément à sa description, tandis que dans celle du ♂ il leur donne une disposition tout opposée, c'est-à-dire à convexité

¹⁾ Comme je ne possède de chaque sexe qu'un seul exemplaire adulte conservé dans l'alcool, je n'ai, de crainte de détérioration, pas encore pu étudier comparativement les autres caractères anatomiques, d'une nature plus intime.

ournée en avant! Chez mes exemplaires, les yeux latéraux sont aussi plus rapprochés entre eux que Blackwall ne les a figurés, pour le genre *Agelena* en général, chez l'*A. labyrinthica*.

C'est donc à bon droit, — non-seulement à cause de la disposition des yeux, mais aussi, entre autres, à raison des filières beaucoup plus courtes, — que l'*Agelena brunnea* Blackw. a été séparée des *Agelena* typiques, et est aujourd'hui généralement rapportée au genre *Philoeca* ou *Philoica* C. Koch, synonyme du genre *Agroeca* Westring. Mais il y a encore quelque confusion quant au nom spécifique. Pour moi, du moins, il n'est pas évident que l'*A. brunnea* Blackw. soit identique avec l'*Agroeca linotina* Westring, et celle-ci à son tour avec le *Philoica linotina* C. Koch. D'abord, en effet, il y a une difficulté relativement aux yeux, — dont, chez l'*Agroeca linotina* Westr., les deux rangées sont dites courbées en avant et en dessous; — puis le *Philoica linotina* C. Koch est une araignée notablement plus petite que l'*A. brunnea* Blackw.; ceci toutefois est de moindre importance, attendu que Koch, qui figure seulement la femelle, peut avoir eu sous les yeux un individu non encore complètement développé. Par contre, il m'a été impossible de constater, chez les exemplaires d'*A. brunnea* que j'ai observés, la couleur plus foncée qu'on trouve aux extrémités des membres du *Ph. linotina* Koch.

Quant à l',*Agalena brunnea*' Blackw., telle qu'elle est nommée et décrite par Menge, elle ressemble encore moins à la vraie *Agelena brunnea* Blackw. Menge dit que les yeux sont comme chez d'autres *Agalena*e (*A. labyrinthica* etc.), par conséquent, en rangées ayant toutes les deux distinctement une courbure en arrière; or, pour la vraie *A. brunnea* Blackw., cela n'est pas entièrement exact, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer. En outre, Menge figure son *A. „brunnea”* avec de longues filières, tandis que la vraie *A. brunnea* n'a que des mamelons courts; celle-ci ne montre pas non plus la moindre trace de la petite tache rougeâtre à l'abdomen, dont il est question chez Menge et qui se rencontre fréquemment chez certaines *Agelena* (*labyrinthica* et *similis*). Il me paraît donc certain que l'aranéide décrite par M. Menge, con-

jointement avec notre cocon ¹⁾, sous le nom de *A. brunnea*, n'est pas l'*A. brunnea* Blackw. (une *Agroeca*, non une *Agelena*). Cette opinion a aussi été énoncée avec conviction par M. Thorell (*On synonyms*, p. 565). Cet éminent arachnologue est d'avis que l'*A. brunnea* de Menge doit plutôt être rapportée à l'une ou à l'autre espèce de vraies *Agelena*, telle que l'*A. gracilis* ou *gracilens* C. Koch, ou peut-être l'*A. similis* Keyserling. Pour ce qui regarde l'*A. similis*, la conjecture de M. Thorell me paraît peu probable, surtout parce que M. Menge lui-même, presque immédiatement avant l'*A. brunnea*, décrit séparément l'*A. similis*, comme une sous-espèce ou variété de l'*A. labyrinthica*, ce qui, à en juger d'après l'exemplaire unique que je possède de la *similis*, me sourit davantage.

Le second doute que j'ai mentionné, comme affectant encore cette „histoire”, est celui-ci: n'y a-t-il qu'une seule espèce d'araignée qui construise ce cocon en forme de bouteille?

Que l'*Agroeca brunnea* en fabrique un pareil, c'est ce qui semble suffisamment établi par nos recherches respectives; je dois seulement répéter ne pas savoir d'une manière certaine si quelqu'un a vu l'araignée à l'œuvre dans cette construction.

Mais, comme on connaît déjà trois espèces du genre *Agroeca*, — d'après les comparaisons toujours si exactes de M. Thorell, qui, outre notre *A. brunnea*, a encore examiné de près une espèce analogue, l'*Agroeca Haglundii*, et, moins complètement, une espèce offrant plus de différences et appelée (par antiphrase?) *Agroeca proxima*, — il ne serait pas impossible que ces deux nouvelles espèces fussent aussi habiles que l'*A. brunnea* dans l'art de construire un cocon lagéniforme.

Effectivement, les nids que je connais, soit pour les avoir eus en nature sous les yeux, soit pour en avoir vu le dessin, me font douter si tous sont bien édifiés par la même espèce. C'est surtout la figure de Blackwall (fig. 6, *nob.*), assez différente des autres, qui m'a fait concevoir ce doute.

¹⁾M. Menge lui-même déclare d'ailleurs ne pas savoir si ce cocon est réellement construit par son *A. brunnea*.

Son cocon nu, en effet, est représenté relativement plus large, moins allongé, et dépourvu du pédicule caractéristique. Quant à ses cocons crépis, il les figure plutôt ovoïdes que ronds ou hémisphériques, comme sont les nôtres. Ceux-ci étaient d'ailleurs souvent enduits de terre ou de boue („*mud*”, comme Blackwall lui-même le dit), tandis que la figure de Blackwall semble plutôt indiquer une couverture de mousse. Pour ce qui regarde la grandeur, il est certain qu'on ne rencontre que très rarement, au moins chez nous, de petites bouteilles atteignant „un diamètre de $\frac{1}{4}$ de pouce anglais” (Blackw.).

Blackwall note, en outre, qu'on trouve de 40 à 50 oeufs dans les cocons de son *A. brunnea*. Dans aucun des nids que j'ai examinés il n'y en avait autant; je n'en ai vu tout au plus que 32. Il est vrai que j'ai moi-même fait observer que les dimensions des cocons trouvés chez nous peuvent varier notablement, quelquefois, du simple au double pour une seule et même (?) espèce. La différence de 32 à 40 ou 50, dans le nombre des œufs, ne doit donc pas être jugée nécessairement en contradiction avec l'identité spécifique; mais, au point de vue de la question soulevée ici, il n'y en a pas moins quelque intérêt à remarquer qu'un nombre d'œufs si considérable, chez notre *Agroeca*, est certainement un cas tout à fait exceptionnel. La plupart des auteurs, en effet, notamment De Geer, Doumerc et Simon, s'accordent à ne parler que de 12 à 15 œufs ou jeunes, conformément à ce qui est aussi la règle chez nous.

Un point qui a encore attiré mon attention, c'est que la couleur des œufs, jaune de soufre dans la plupart des cocons, était, dans quelques-uns, blanc jaunâtre, ou même quelquefois blanc de lait.

Telles sont les considérations qui m'autorisent, je crois, à demander s'il n'y aurait pas deux ou un plus grand nombre d'espèces d'*Agroeca* construisant des nids analogues, mais pourtant un peu dissemblables par les dimensions, le contenu et le crépi ? ¹⁾.

¹⁾ Il est remarquable, par exemple, que je n'aie reçu qu'une seule fois, des environs d'Utrecht, quelques cocons crépis, tandis que tous les autres, en très grand nombre, qui m'ont été envoyés de là et d'ailleurs, étaient toujours nus.

M. Lucas est-il bien fondé aussi à appliquer aux cocons nus l'épithète de „non achevés”? Ce qui est certain, c'est que dans ces cocons non achevés, selon lui, j'ai très souvent trouvé les trous par lesquels les jeunes les avaient quittés, preuve, ce me semble, qu'ils avaient satisfait à nu à leur destination. On le voit, le dernier mot n'est pas encore dit sur ce sujet; il y a encore matière à de nouvelles observations, et tout spécialement en ce qui concerne le mode de construction, inaperçu jusqu'ici, de ces singuliers cocons. Un instant j'avais espéré pouvoir bientôt combler cette lacune, attendu que, dans la dernière excursion d'été de notre Société entomologique, j'avais capturé un couple presque adulte (depuis lors développé complètement) d'*Agroeca brunnea*. Comme à l'ordinaire, malheureusement, le mâle a été tué, il y a un mois, par la femelle, et celle-ci, probablement parce que la saison est passée, n'a encore montré aucune velléité de commencer sa remarquable fabrication de bouteilles.

LA HAYE, Septembre 1875.

SUR LA PROPAGATION

DU SON

D'APRÈS LA NOUVELLE THÉORIE DES GAZ,

PAR

J. L. HOORWEG.

1. On se trompe si l'on croit que l'exposition mathématique de la théorie du son ne s'appuie sur aucune hypothèse.

Examine-t-on, en effet, la manière dont les divers savants sont parvenus aux deux équations différentielles

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = v^2 \left(\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + \frac{d^2 \varphi}{dz^2} \right)$$

et

$$\gamma = -\frac{1}{v^2} \frac{d\varphi}{dt},$$

on reconnaît que tous sont partis de l'idée d'une masse d'air en repos, aux particules de laquelle le corps vibrant communique une vitesse périodique très petite.

En conséquence, lorsque M. Clausius et autres eurent développé la théorie d'après laquelle les gaz sont constitués par une masse de molécules animées d'une grande vitesse et se croisant dans tous les sens, les deux équations différentielles en question se trouverent privées de leur fondement.

Ce fondement réside en effet dans les équations suivantes ¹⁾:

$$\frac{1}{\varrho} \frac{d\varrho}{dx} = - \frac{du}{dt} - u \frac{du}{dx} - v \frac{du}{dy} - w \frac{du}{dz}$$

et

$$\frac{d\varrho}{dt} + \frac{d(\varrho u)}{dx} + \frac{d(\varrho v)}{dy} + \frac{d(\varrho w)}{dz} = 0,$$

et lorsqu'on essaie de déduire ces mêmes équations fondamentales en se laissant guider par la nouvelle théorie, on est arrêté par des difficultés, surtout en ce qui concerne la première. Quel que soit l'ouvrage qu'il consulte, un partisan conséquent de la doctrine moderne ne pourra jamais regarder comme exacts jusqu'au bout les raisonnements qu'on y suit pour parvenir à ces équations. Il sera encore moins satisfait en lisant le chapitre de l'acoustique dans les traités de physique ordinaires, tels que ceux de Wüllner, Müller, Daguin, etc., où l'on rencontre à chaque pas des vues qu'il n'est plus possible de partager.

D'un autre côté, cette ancienne manière de voir a conduit à tant de résultats importants, pleinement confirmés par l'expérience, qu'on serait presque tenté de rejeter la nouvelle théorie des gaz, afin de pouvoir conserver la théorie classique du son. Il serait préférable, toutefois, que les deux doctrines pussent être mises d'accord, et c'est ce que je veux essayer de faire dans les pages suivantes.

2. Quand on se représente l'air comme composé de molécules qui se croisent dans tous les sens avec une grande vitesse, et de telle sorte que cette vitesse n'est pas modifiée par leur choc avec d'autres molécules ou avec un corps solide, il paraît absurde de supposer que ces molécules, en présence d'un corps vibrant, entreraient elles-mêmes en vibration. Comme on admet, en outre, que le temps nécessaire pour le choc est zéro, la vibration d'un diapason revient à ceci, qu'aux divers points il se trouve *en repos* par rapport aux particules d'air en mouvement. Il semble donc que dans la nouvelle théorie des gaz, non-seulement il n'y ait

¹⁾ Voir: Duhamel, *Cours de Mécanique*, t. II.

pas place pour des ondes courantes, mais que même les vibrations du diapason ne puissent exercer la moindre influence.

D'ailleurs, si le mouvement des molécules d'air est la cause de la propagation du son, la vitesse du son doit être égale à celle des molécules qui se meuvent.

Or, pour la vitesse du son, on a trouvé :

$$v = 332^{\text{m.}} \sqrt{\frac{T}{273 d}}$$

et pour la vitesse des molécules des gaz :

$$u = 485^{\text{m.}} \sqrt{\frac{T}{273 d}},$$

formules qui, tout en montrant une grande analogie, ne sont pourtant pas complètement identiques.

Mais tout change lorsque, au lieu de regarder comme nul le temps nécessaire pour chaque choc, ainsi qu'on le fait habituellement, on attribue à ce temps une valeur déterminée, quoique très petite.

En premier lieu, attendu que dans cette multitude tourbillonnante de molécules gazeuses il se produit à chaque instant des chocs, dont chacun fait perdre une minime fraction de temps, on doit alors trouver pour la vitesse réelle de propagation une valeur moindre que celle de la vitesse théorique. La différence entre u et v s'éclaircit et s'explique ainsi immédiatement. En second lieu, il n'y aura plus à regarder le diapason comme en repos relatif, mais il faudra admettre que sa vitesse influe sur celle des molécules gazeuses qui viennent le choquer; de cette façon, le diapason ayant un mouvement vibratoire, la vitesse des molécules réfléchies sera tantôt un peu plus grande tantôt un peu plus petite que s'il était au repos, d'où il résulte que la membrane du tympan éprouvera des variations périodiques de pression, qui n'auraient pas eu lieu sans cela. Or ce sont ces variations de pression qui, dans ma manière de voir, nous donnent l'impression du son.

Tout naturellement, ces variations ont la même période que les vibrations du diapason; de là la différence des tons hauts et

bas. Ensuite, la vitesse du diapason dépend de l'amplitude, et il en sera par conséquent de même des variations de la pression sur le tympan; ainsi s'explique la différence que nous percevons dans l'intensité du son. Enfin, la manière plus ou moins compliquée dont vibre le diapason entraînera une modification correspondante de la vitesse et conséquemment aussi de la pression sur le tympan; telle est l'origine du timbre.

Pour mettre plus de précision dans le développement de mes vues, je procéderai selon l'ordre suivi par M. Clausius dans son remarquable Mémoire sur la conductibilité des gaz ¹⁾.

M. Clausius se représente une masse de molécules gazeuses se mouvant avec une grande vitesse, dans toutes les directions imaginables, entre deux plans parallèles, dont l'un est plus chaud que l'autre. Le résultat de cette inégalité de température est que les molécules qui viennent du côté le plus chaud ont une vitesse un peu plus grande que les autres, de sorte que, si l'on composait les mouvements de toutes ces molécules en collision continuelle, il resterait une certaine petite vitesse dirigée du côté chaud vers le côté froid. De l'analyse approfondie du choc de sphères élastiques égales, M. Clausius déduit alors la conséquence que cette vitesse commune vers le côté froid n'est *pas* altérée par les chocs, quoique du reste il se produise un changement complet dans la direction du mouvement. Il suit de là que, si l'on se contente de chercher pour chaque direction la vitesse *moyenne*, on peut trouver de la manière suivante l'état de mouvement dans une couche située entre les deux plans. On se figure d'abord les molécules marchant dans toutes les directions possibles et avec la même vitesse, puis on ajoute à chacun de ces mouvements une petite composante; de même grandeur pour toutes les molécules, dirigée vers le plan le plus froid. Dans ces conditions, M. Clausius calcule alors en premier lieu l'état de mouvement des molécules qu'une certaine couche émet, ensuite celui des molécules comprises dans cette même couche, et enfin, à l'aide de ces deux éléments, la masse et la force vive des molécules qui dans l'unité de temps traversent un plan quelconque.

¹⁾ *Abhandlungen*, II, p. 277.

Or, le calcul que je viens de rappeler peut aussi être appliqué au cas dont nous nous occupons ici. De même que la vitesse des molécules d'air est modifiée par la surface chaude, elle l'est aussi, dans ma manière de voir, par le diapason vibrant. Pour trouver l'état de mouvement de l'air en présence d'un corps vibrant, nous n'avons qu'à donner à toutes les molécules une même vitesse dans toutes les directions possibles, puis à y ajouter une petite composante, qui est la même pour toutes les molécules de la même couche et qui trouve son origine dans le mouvement de la source sonore.

Représentons-nous cette source sonore comme une très petite sphère, ayant son centre à l'origine d'un système de coordonnées rectangulaires; appelons la vitesse originelle, commune à toutes les molécules, u , et ses composantes p , s et w , soient $\frac{d\varphi}{dx}$,

$\frac{d\varphi}{dy}$ et $\frac{d\varphi}{dz}$ les composantes de la vitesse surajoutée, due aux vibrations; enfin désignons la vitesse résultante par U , et ses composantes par P , S et W . Nous avons alors les équations:

$$P = p + \frac{d\varphi}{dx}, \quad S = s + \frac{d\varphi}{dy}, \quad W = w + \frac{d\varphi}{dz}, \quad (1)$$

d'où l'on déduit:

$$U = \sqrt{\left\{ u^2 + \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2 + 2p\frac{d\varphi}{dx} + 2s\frac{d\varphi}{dy} + 2w\frac{d\varphi}{dz} \right\}} \quad (2)$$

expression qui donne la vitesse des molécules, telle qu'elle est modifiée par la vibration de la source sonore.

Si, en outre, les cosinus des angles que les directions des mouvements des molécules font avec l'axe des x avant le commencement de la vibration sont représentés par λ , et les cosinus de ces mêmes angles durant la vibration de la source sonore par μ , on a encore l'équation

$$U\mu = u\lambda + \frac{d\varphi}{dx}. \quad (3)$$

Pour trouver la manière dont les molécules sont réparties entre

les diverses directions de mouvement, imaginons une surface sphérique du rayon 1, et traçons-y deux cercles, dont les points, joints au centre de la sphère, donneront lieu à des droites faisant avec l'axe des x des angles α et $\alpha + d\alpha$. Le nombre des molécules dont les directions forment avec l'axe des x des angles compris entre α et $\alpha + d\alpha$ est alors, à celui des molécules dirigées dans tous les sens possibles, dans le même rapport que la surface du segment sphérique considéré à la surface totale de la sphère; ce rapport est donc :

$$\frac{2\pi \sin \alpha d\alpha}{4\pi} = \frac{1}{2} \sin \alpha d\alpha = \frac{1}{2} d(\cos \alpha).$$

Avant que la source sonore ne vibre, le nombre des molécules pour lesquelles le cosinus est compris entre λ et $\lambda + d\lambda$ est donc une fraction du nombre total représentée par

$$\frac{1}{2} d\lambda.$$

Pendant que la source vibre, le nombre des molécules dont le cosinus se trouve entre μ et $\mu + d\mu$ sera pareillement

$$\frac{1}{2} H d\mu,$$

où H est une fonction de μ .

Pour trouver H , M. Clausius remarque que le cosinus λ , par l'adjonction de la vitesse $\frac{d\varphi}{dx}$, se transforme en μ , de sorte que le même nombre de molécules, qui primitivement était compris entre λ et $\lambda + d\lambda$, doit, après la modification, se trouver compris entre μ et $\mu + d\mu$; il suit de là :

$$\frac{1}{2} H d\mu = \frac{1}{2} d\lambda \quad (4)$$

ou

$$H = \frac{d\lambda}{d\mu}.$$

Mais, d'après (3),

$$\lambda = \frac{U\mu - \frac{d\varphi}{dx}}{u},$$

donc :

$$H = \frac{U}{u} + \frac{\mu}{u} \frac{dU}{d\mu}. \quad (5)$$

Figurons-nous maintenant un plan quelconque perpendiculaire à l'axe des x , et sur ce plan une portion égale à l'unité de surface. Sur cette portion, représentons-nous en outre une couche de l'épaisseur dx ; le volume de l'espace ainsi formé sera dx . Appelons $N dx$ le nombre des molécules qui à un même instant se trouvent dans cet espace, N étant un nombre qui dépend de la densité au point considéré. Ces $N dx$ molécules se meuvent dans toutes les directions possibles, et le nombre de celles dont le cosinus est compris entre μ et $\mu + d\mu$ forme la fraction $\frac{1}{2} N d\mu$ de la quantité totale, de sorte qu'il est représenté par le produit $\frac{1}{2} N H dx d\mu$.

Pour déduire de là le nombre des molécules qui en une seconde traversent le plan susdit, il faut prendre en considération le temps nécessaire à chaque molécule pour parcourir la couche. Ce temps est $\frac{dx}{\mu U}$, et comme, entre le nombre des molécules qui se trouvent à un même instant dans la couche et le nombre de celles qui en une seconde passent par cette couche, il y a le même rapport qu'entre ce petit temps et l'unité de temps, on doit diviser l'expression $\frac{1}{2} N H dx d\mu$ par $\frac{dx}{\mu U}$ pour avoir le nombre des molécules qui traversent par seconde notre unité de surface.

On trouve ainsi pour ce nombre :

$$\frac{1}{2} \int_{-1}^{+1} \frac{N H dx d\mu}{\frac{dx}{\mu U}} = \frac{1}{2} \int_{-1}^{+1} N H U \mu d\mu$$

expression qui, d'après (3) et (4), est égale à :

$$\frac{1}{2} N \int_{-1}^{+1} (u \lambda d\lambda + \frac{d\varphi}{dx} d\lambda) = N \frac{d\varphi}{dx},$$

de sorte que si l'on représente par ρ la densité du gaz au point considéré, la masse des molécules qui passent en une seconde à travers l'unité de surface sera donnée par l'expression

$$\rho \frac{d\varphi}{dx}.$$

De la même manière, on trouve pour la masse des molécules qui passent en une seconde à travers l'unité de surface d'un plan perpendiculaire à l'axe des y :

$$\varrho \frac{d\varphi}{dy},$$

et pour le plan perpendiculaire à l'axe des z :

$$\varrho \frac{d\varphi}{dz}.$$

Représentons-nous un parallépipède infiniment petit, dont l'un des angles ait pour coordonnées x, y, z , et dont les arêtes aient pour longueurs dx, dy, dz . Deux des faces de ce parallépipède étant parallèles au plan YZ , il passe à travers la première de ces faces, dans le temps dt , une masse de molécules

$$\varrho \frac{d\varphi}{dx} dy dz dt,$$

et à travers la seconde

$$\left(\varrho \frac{d\varphi}{dx} + \frac{d\left(\varrho \frac{d\varphi}{dx}\right)}{dx} dx \right) dy dz dt,$$

en sorte que l'excès de la première masse sur la seconde a pour expression.

$$- \frac{d\left(\varrho \frac{d\varphi}{dx}\right)}{dx} dx dy dz dt.$$

On trouve de même, pour l'excès de la masse qui traverse l'une des faces parallèles au plan XY sur la masse qui traverse la seconde de ces faces:

$$- \frac{d\left(\varrho \frac{d\varphi}{dz}\right)}{dz} dx dy dz dt,$$

et pour l'excès analogue correspondant aux deux faces parallèles au plan XZ :

$$- \frac{d \left(\varrho \frac{d\varphi}{dy} \right)}{dy} dx dy dz dt.$$

La somme de ces trois expressions, divisée par le volume du parallélépipède, donne le changement de densité en un point dont les coordonnées sont x, y, z ; ce quotient sera donc la différentielle partielle de la densité par rapport au temps, de sorte qu'on a l'équation

$$\frac{d\varrho}{dt} + \frac{d \left(\varrho \frac{d\varphi}{dx} \right)}{dx} + \frac{d \left(\varrho \frac{d\varphi}{dy} \right)}{dy} + \frac{d \left(\varrho \frac{d\varphi}{dz} \right)}{dz} = 0.$$

Les changements de densité sont naturellement très petits, et par conséquent on peut poser

$$\varrho = \varrho_0 (1 + \gamma),$$

où γ représente la condensation; de plus, $\frac{d\varphi}{dx}$, etc. sont également des quantités très petites, et par suite $\gamma \frac{d\varphi}{dx}$, etc. peuvent être négligés, ce qui transforme notre équation en:

$$\frac{d\gamma}{dt} + \frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0.$$

Mais que veulent dire les expressions $\frac{d\varphi}{dx}$, etc.? Elles doivent leur origine à la vibration de la source sonore, et ne sont autre chose, selon moi, que les vitesses de cette source, modifiées par la circonstance que la force vive, émanée d'une petite surface, se distribue successivement sur des espaces de plus en plus grands. Ce doivent donc être des fonctions goniométriques de $\left(t - \frac{r}{v} \right)$, divisées par une certaine puissance de la distance r , de sorte qu'on aura, par exemple,

$$\varphi = \frac{C \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right)}{r^m},$$

ou plutôt, attendu que la vibration part, à proprement parler, de la surface d'une petite sphère de rayon σ ,

$$\varphi = \frac{C \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r - \sigma}{v} \right)}{r^n}.$$

La dérivée est:

$$\frac{d\varphi}{dx} = + \frac{1}{r^n} \left\{ \frac{2\pi C}{\lambda} \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r - \sigma}{v} \right) - \frac{n C}{r} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r - \sigma}{v} \right) \right\},$$

et cette expression devant donner, pour $r = \sigma$, la vitesse V de la sphère vibrante, celle-ci devient:

$$V = + \frac{1}{\sigma^n} \left\{ \frac{2\pi C}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T} - \frac{n C}{\sigma} \cos \frac{2\pi t}{T} \right\},$$

de sorte qu'on a pour la force vive distribuée sur la surface:

$$\frac{4\pi m}{2g} \left\{ \frac{4\pi^2 C^2}{\lambda^2 \sigma^{2n-2}} \sin^2 \frac{2\pi t}{T} + \frac{n^2 C^2}{\sigma^{2n}} \cos^2 \frac{2\pi t}{T} - \frac{4\pi^2 C^2}{\lambda \sigma^{2n-1}} \sin \frac{2\pi t}{T} \cos \frac{2\pi t}{T} \right\}$$

et si l'on ne veut pas qu'après $\frac{1}{2} T$ la force vive devienne infiniment grande, à cause de la petitesse de σ , il faut qu'on ait:

$$2n - 2 = 0,$$

ou

$$n = 1,$$

d'où il suit:

$$\varphi = \frac{F \left(t - \frac{r}{v} \right)}{r},$$

et par conséquent:

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + \frac{d^2 \varphi}{dz^2} = \frac{F''}{r v^2},$$

de sorte que:

$$\frac{d\gamma}{dt} = - \frac{F'}{r v^2},$$

ou

$$\gamma = - \frac{1}{v^2} \frac{d\varphi}{dt}, \quad (A)$$

et par suite :

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = v^2 \left(\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + \frac{d^2 \varphi}{dz^2} \right). \quad (B)$$

Nous retrouvons donc réellement ici les mêmes formules fondamentales qui ont toujours servi de point de départ à la théorie du son. Seulement, la fonction φ se présente sous un aspect un peu différent. Ses dérivées par rapport x , y , z ne sont maintenant plus les composantes de la vitesse *réelle* des molécules d'air, mais représentent les composantes des variations que le corps vibrant imprime à cette vitesse réelle.

Des expressions obtenues pour la masse des molécules qui passent en une seconde par un plan parallèle à l'un des plans des coordonnées, et de la nature de la fonction φ , il suit aussi que, si l'on se représente autour de la source sonore une sphère d'un rayon quelconque r , la masse des molécules qui traversent par seconde l'unité de surface de cette sphère est exprimée par

$$\rho \frac{d\varphi}{dr}.$$

Voici donc comment les choses se passent. Tandis que, dans les circonstances ordinaires, chaque unité de surface est traversée à chaque instant par autant de molécules dans la direction positive que dans la direction négative, il n'en est plus de même aussitôt qu'il y a un point vibrant, car alors, par chaque surface sphérique décrite autour de ce point vibrant, il passe à chaque instant, d'après notre calcul, une quantité de molécules différente, quantité indiquée par la fonction périodique $\frac{d\varphi}{dr}$.

Sous cette forme modifiée, on peut donc continuer à parler, aussi dans la théorie moderne, d'ondes sphériques et de mouvement ondulatoire.

En outre, la condensation est :

$$\gamma = - \frac{1}{v^2} \frac{d\varphi}{dt} = - \frac{1}{v^2 r} F' \left(t - \frac{r}{v} \right),$$

de sorte que si l'on a, par exemple,

$$\varphi = C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right),$$

on obtient :

$$\gamma = - \frac{2\pi C}{v^2 r T} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right).$$

D'où il suit, qu'en chaque point la condensation se change à un moment donné en une dilatation, et que les seuls points qui aient simultanément un même état de condensation sont ceux dont les distances au centre diffèrent de $n \times v T$. Il existe donc une succession régulière de condensations et de dilatations, exactement comme on se l'était toujours figuré.

On le voit, si l'on analyse attentivement ce qui doit se passer dans l'atmosphère lorsqu'il s'y trouve un corps vibrant, la théorie moderne des gaz donne des résultats très semblables à ceux que fournit la théorie ancienne.

Un éclaircissement est encore nécessaire quant à notre assertion que, par suite des chocs, la vitesse réelle u est en apparence réduite à la valeur v . Nous avons attribué cette diminution à ce que le choc exige un certain temps, et il nous reste donc à examiner si cette hypothèse ne conduirait pas à des résultats absurdes.

Si l est le chemin parcouru par une molécule entre deux chocs successifs, c'est-à-dire le *chemin moyen*, le nombre des chocs que chaque molécule subit par seconde sera $\frac{u}{l}$; en laissant à chaque choc se perdre un temps très petit t , il en résultera par seconde une perte de temps $\frac{u}{l} t$, et pour que cette perte donne lieu au changement apparent de u en v , il faut qu'à toute distance r on ait :

$$\frac{r}{u} + \frac{r}{u} \cdot \frac{ut}{l} = \frac{r}{v},$$

ou

$$t = l \cdot \frac{u - v}{uv}.$$

Prenons maintenant, comme on le fait réellement pour l'air atmosphérique à 0° C,

$$u = 485 \text{ m.}$$

$$v = 332 \text{ m.}$$

$$l = 0^{\text{m}},00000007,$$

on obtient alors :

$$t = 7 \times 10^{-12} \text{ sec.},$$

résultat que personne ne regardera comme trop grand.

3. Les considérations qui précèdent seraient à la rigueur suffisantes pour notre but, puisqu'elles nous ont fait retrouver les formules fondamentales qui ont servi à MM. Airy, Helmholtz et autres à développer toute la théorie du son. Quelques points, toutefois, demandent encore un examen spécial. En outre, il nous reste à calculer la variation de pression que la membrane du tympan éprouve à raison des vibrations de la source sonore. C'est ce calcul que nous allons effectuer d'abord.

Pour trouver le nombre des molécules qui dans le temps dt viennent frapper la membrane du tympan, considérons de nouveau, en premier lieu, celles dont la direction fait avec la normale à la membrane un angle ayant pour cosinus λ . La vitesse normales de ces molécules est $u\lambda$. Imaginons que ces molécules soient en repos, et que, par contre, la membrane du tympan se meuve dans la direction opposée, mais avec la même vitesse $u\lambda$. La membrane parcourt alors en dt sec. un chemin $u\lambda dt$, et l'unité de surface un espace exprimé également par $u\lambda dt$. Si donc il y a n de ces molécules dans l'unité de volume, le nombre demandé est $nu\lambda dt$. Or, à chaque choc d'une molécule, il est exercé une pression $\frac{mu\lambda}{g}$; la pression $p dt$, éprouvée de la part de l'ensemble de ces molécules dans le temps dt , sera donc :

$$p dt = \frac{nm u^2 \lambda^2}{g} dt.$$

Mais, ainsi que nous l'avons vu précédemment, le nombre des molécules dont le cosinus se trouve entre λ et $\lambda + d\lambda$ est au

nombre total comme: $d\lambda : 1$; on a donc pour la pression totale:

$$P = \frac{Nm u^2}{g} \int_0^1 \lambda^2 d\lambda = \frac{Nm u^2}{3g}.$$

Si maintenant il existe quelque part une source sonore, il en résultera le changement de

$$u \text{ en } U, \lambda \text{ en } \mu \text{ et } d\lambda \text{ en } H d\mu,$$

et la pression deviendra:

$$P' = \frac{Nm}{g} \int_0^1 U^2 \mu^2 H d\mu,$$

ou, en vertu de (3) et (4),

$$P' = \frac{Nm}{g} \left\{ \frac{u^2}{3} + u \frac{d\varphi}{dr} + \left(\frac{d\varphi}{dr} \right)^2 \right\}.$$

La variation de pression est donc, vu qu'on a $Nm = \rho$,

$$\Delta = P' - P = \frac{\rho u}{g} \frac{d\varphi}{dr} + \frac{\rho}{g} \left(\frac{d\varphi}{dr} \right)^2. \quad (D)$$

En général, on peut négliger $\left(\frac{d\varphi}{dr} \right)^2$ et écrire:

$$\Delta = \frac{\rho u}{g} \frac{d\varphi}{dr}. \quad (E)$$

Lorsque le son reste renfermé dans un cylindre, la force vive ne se répand pas sur des espaces de plus en plus grands, et on a:

$$\varphi = F \left(t - \frac{x}{v} \right);$$

on a alors, en outre,

$$\frac{d\gamma}{dt} = - \frac{d^2\varphi}{dx^2},$$

et par conséquent de nouveau:

$$\gamma = - \frac{1}{v^2} \cdot \frac{d\varphi}{dt}.$$

Si par exemple :

$$\varphi = C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right),$$

on a

$$\frac{d\varphi}{dx} = - \frac{2\pi C}{\lambda} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right),$$

et par conséquent, dans ce cas :

$$\Delta = - \frac{2\pi \varphi \cdot C}{gT} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) = \frac{C'}{T} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad (F)$$

expression qui peut aussi être appliquée lorsque la source sonore est située à une grande distance de l'oreille.

Pour trouver en général l'intensité du son, nous déterminerons cette grandeur, à peu près à l'exemple de M. Grinwis ¹⁾, par la formule

$$I = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \Delta dt.$$

D'après (D), la valeur de Δ est :

$$\Delta = \frac{\varrho}{g} \left\{ u \frac{d\varphi}{dr} + \left(\frac{d\varphi}{dr} \right)^2 \right\};$$

mais on a : $\varrho = \varrho_0 + \varrho_0 \gamma$ et $\gamma = - \frac{1}{v^2} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$,

donc :

$$\Delta = \frac{\varrho_0}{g} \left\{ v \frac{d\varphi}{dr} + \left(\frac{d\varphi}{dr} \right)^2 - \frac{1}{v} \cdot \frac{d\varphi}{dr} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \right\}.$$

Supposant de nouveau :

$$\varphi = \frac{C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right)}{r},$$

il vient :

$$\frac{d\varphi}{dr} = - \frac{2\pi C}{\lambda r} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) - \frac{C}{r^2} \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right)$$

et

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi C}{Tr} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right),$$

¹⁾ Sur la propagation libre du son, dans: *Arch. néerl.*, t. X.

par conséquent :

$$I = \frac{q_0}{Tg} \int_t^{t+T} \left\{ \frac{2\pi C}{Tr} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) + \frac{Cv}{r^2} \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) \right\} dt + \\ + \left\{ \frac{4\pi^2 C^2}{\lambda^2 r^2} \cos^2 \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) + \frac{C^2}{r^4} \sin^2 \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) + \right. \\ \left. + \frac{4\pi C^2}{\lambda r^3} \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) + \frac{4\pi^2 C^2}{\lambda^2 r^2} \cos^2 \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) \right. \\ \left. + \frac{2\pi C^2}{\lambda r^3} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) \right\} dt.$$

Mais il est facile de voir qu'on a :

$$\int_t^{t+T} \cos \frac{n\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) = 0$$

et

$$\int_t^{t+T} \sin \frac{n\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right) = 0,$$

tant pour $n = 2$, que pour $n = 4$; par conséquent :

$$I = \frac{q_0}{Tg} \left\{ \frac{2\pi^2 C^2 t}{\lambda^2 r^2} + \frac{C^2 t}{2r^4} + \frac{2\pi^2 C^2 t}{\lambda^2 r^2} \right\}_t^{t+T}$$

ou

$$I = \frac{q_0}{g} \left\{ \frac{4\pi^2 C^2}{\lambda^2 r^2} + \frac{C^2}{2r^4} \right\}, \quad (G)$$

expression qui ne diffère que par la constante de la formule (7) de M. Grinwis (*l. c.*). Ma formule, en effet, donne précisément le double, de sorte que, en ce qui concerne les variables r et λ , les deux expressions conduisent exactement aux mêmes conclusions.

L'intensité du son dépend donc aussi de la longueur d'onde, et elle décroît plus rapidement que ne croît la seconde puissance de la distance, à cause du petit terme $\frac{C^2}{2r^4}$.

4. Ce qui vient d'être dit d'une source sonore unique s'appliquera aussi lorsque deux ou plusieurs de ces sources se trouveront à proximité de l'oreille. Chacune d'elles produira sur la membrane

du tympan une variation périodique de la pression, conformément à la formule (F), et par conséquent, au total, la pression variera d'une manière qui dépendra de toutes les variations particulières. Il pourra alors très bien arriver que celles-ci se neutralisent mutuellement, et qu'ainsi l'oreille ne perçoive rien; mais il sera tout aussi possible que les variations particulières agissent dans le même sens.

Si l'on suppose, par exemple, deux diapasons dont le ton soit à la même hauteur, on aura pour l'un :

$$\Delta_1 = \frac{C_1}{T} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r_1}{v} \right),$$

et pour l'autre :

$$\Delta_2 = \frac{C_2}{T} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r_2}{v} \right).$$

En prenant maintenant :

$$r_2 = r_1 \pm \frac{2n+1}{2} v T,$$

on a :
$$\Delta_2 = \frac{C_1}{T} \cos \left\{ \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r_1}{v} \right) \mp (2n+1)\pi \right\},$$

ou
$$\Delta_1 + \Delta_2 = 0.$$

Si nous avons pris :

$$r_2 = r_1 \pm \frac{2n}{2} v T,$$

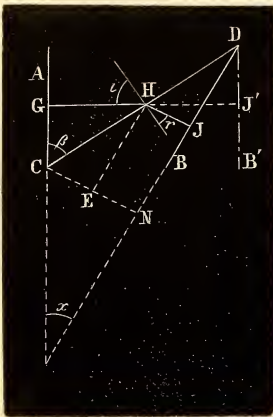
le résultat aurait été :

$$\Delta_1 + \Delta_2 = 2 \Delta_1.$$

5. Puisque le choc de chaque molécule gazeuse contre une paroi quelconque est supposé se faire suivant les règles du choc des corps élastiques, la réflexion du son doit obéir à la même loi qui régit la réflexion de la lumière, c'est-à-dire, à la loi d'égalité de l'angle d'incidence et de l'angle de réflexion. Il suit de là que, dans une atmosphère dont le mouvement est modifié par la présence d'une source sonore, une paroi réfléchissante plane peut être remplacée en idée par une seconde source sonore, qui serait l'image spéculaire de la première par rapport à cette paroi. De là, l'écho et la résonance.

Pour rendre sensible ce qui se passe dans la *réfraction* de la lumière, un auteur, M. Eisenlohr, je crois, a employé la comparaison suivante. Un corps de troupes marche à la rencontre de l'ennemi, au pas accéléré. En travers du chemin s'étend obliquement, à angle aigu avec le front des troupes, un bois difficile à traverser, où les premiers arrivants sont aussitôt aux prises avec les broussailles et les épines. Quelle influence cette circonstance aura-t-elle sur la position du front? Celui-ci progressera-t-il, en restant parallèle à lui-même? Cela est impossible, car, tandis que ceux qui occupent encore la route battue avancent avec la même vitesse qu'auparavant, la marche des autres est ralentie par toutes sortes d'obstacles; le front opérera de lui-même une conversion, de sorte que le corps sortira du bois dans une autre direction que celle qu'il suivait en y entrant.

Pour la lumière, cette comparaison doit être regardée comme plus ingénieuse que juste, mais ici, où nous avons affaire à une masse de molécules animées d'un mouvement de translation, elle convient assez bien. Ce que le bois est aux soldats, une couche d'acide carbonique le sera au son. Pour rendre la comparaison plus exacte, il n'y aurait qu'à supposer que les soldats n'ont pas à traverser le bois, mais viennent simplement avertir des camarades, qui déjà l'occupaient, que le combat va commencer. Si alors ces derniers sont un peu plus lents dans leurs mouvements, le front changera encore de direction. Mais, laissons cette explication populaire, à laquelle on trouvera bon sans doute que j'en ajoute une autre.



Soient A en B deux plans, dont l'un, A, vibre régulièrement. Si entre ces deux plans il n'y a qu'un gaz unique, il faut, pour que la phase de la variation de la pression soit la même en tous les points de B, que B soit parallèle à A, c'est-à-dire, occupe la position B'. Mais si CD est le plan de séparation de deux gaz diffé-

rents, si par exemple il y a au-dessous de CD de l'acide carbonique et au-dessus de l'air, B devra, pour recevoir la même phase dans tous ses points, faire avec le plan A un certain angle x . Pour déterminer cet angle, faisons l'angle $ACD = \beta$, la perpendiculaire fixe $CN = b$, et prenons dans le plan A un point arbitraire G, situé à une distance y de C. On a alors $GH = y \tan \beta$ et $HI = CN - CE = b - y \sec \beta \sin(\beta - x)$. Si maintenant la vitesse de propagation dans l'un des gaz est v_1 , et celle dans l'autre v_2 , la variation de pression occasionnée en I par la vibration de G sera, en vertu de l'équation (F):

$$\Delta = \frac{C'}{T} \cos \frac{2\pi}{T} \left\{ t - \frac{y \tan \beta}{v_1} - \frac{b}{v_2} + \frac{y \sec \beta \sin(\beta - x)}{v_2} \right\},$$

et dans cette expression la grandeur arbitraire y devra disparaître, si l'on veut que la phase soit la même en chaque point de B; par conséquent:

$$\frac{y \tan \beta}{v_1} = \frac{y \sec \beta \sin(\beta - x)}{v_2},$$

ou

$$\frac{\sin \beta}{\sin(\beta - x)} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Mais, d'après la figure, on a:

$$\beta = i \text{ et } \beta - x = r,$$

donc:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2},$$

de sorte que la loi de Snellius se trouve démontrée.

6. Nous allons maintenant nous occuper de la *résonance*, et nous considérerons en premier lieu le cas le plus simple, celui d'un cylindre étroit, fermé à une extrémité et ayant l'ouverture tournée vers la source sonore. D'après la fin du § 3, il se produit dans ce cylindre un mouvement des molécules d'air exprimé par les équations:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = v^2 \frac{d^2 \varphi}{dx^2}$$

et

$$\gamma = - \frac{1}{v^2} \frac{d\varphi}{dt},$$

en supposant que l'axe géométrique soit pris pour axe des x et que l'origine soit placée dans le plan de l'ouverture.

D'après ce qui a été dit au paragraphe précédent, nous pouvons remplacer l'extrémité fermée du cylindre par une seconde source sonore, qui modifie dans le sens négatif le mouvement des molécules, et qui, si la longueur du cylindre est l , sera située à une distance $2l$ de l'origine. Cette seconde source sonore diminue donc algébriquement la valeur de la petite composante $\frac{d\varphi}{dx}$, que la première source ajoute dans le sens des x positifs au mouvement des molécules de l'air, de sorte que la composante effective sera donnée par la dérivée, relativement à x , d'une fonction caractéristique (Airy) ψ , égale à la différence des deux fonctions φ :

$$\psi = \varphi - \varphi'.$$

Si l'on prend, par exemple:

$$\varphi = C \frac{\sin 2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

et

$$\varphi' = C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{2l-x}{v} \right),$$

on aura,

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{2\pi C}{\lambda} \left\{ \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) - \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{2l-x}{v} \right) \right\}.$$

Pour $x = l$, il suit de là, ainsi qu'il le fallait:

$$\frac{d\psi}{dx} = 0.$$

Pour $x = 0$, on trouve:

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{2\pi C}{\lambda} \left\{ \cos \frac{2\pi}{T} t \left(1 - \cos \frac{4\pi l}{\lambda} \right) - \sin \frac{2\pi t}{T} \sin \frac{4\pi l}{\lambda} \right\},$$

et si l'on veut que cette expression devienne un maximum, il faut qu'on ait :

$$\frac{4\pi l}{\lambda} = \pi(2n + 1),$$

d'où :

$$l = \frac{\lambda}{4}(2n + 1),$$

ce qui donne :

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{4\pi C}{\lambda} \cos \frac{2\pi t}{T},$$

tandis que, en l'absence du cylindre, la composante correspondante $\frac{d\varphi}{dx}$ n'aurait en ce point que la moitié de cette valeur. Le résultat est donc le même que si l'ouverture du résonateur représentait un corps vibrant suivant la loi

$$x = C \sin \frac{2\pi t}{T},$$

c'est-à-dire de la même manière que la source réelle, mais ayant une surface plus grande.

Le renforcement du son, ainsi obtenu, est probablement encore augmenté par la circonstance que dans le cylindre la pression sur la paroi n'est pas partout la même, et que par conséquent, en certains points, la paroi est périodiquement repoussée en dehors, ce qui doit aussi produire des variations périodiques de pression sur la membrane du tympan.

D'après la formule (F), en effet, la pression sur une partie de la paroi est :

$$\Delta = \frac{C^1}{T} \left\{ \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) + \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{2l - x}{v} \right) \right\};$$

mais :

$$\frac{4\pi l}{\lambda} = \pi(2n + 1),$$

donc

$$\Delta = \frac{C^1}{T} \left\{ \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) - \cos \frac{2\pi}{T} \left(t + \frac{x}{v} \right) \right\},$$

expression qui pour $x = 0$ devient nulle, et pour $x = l$,

$$\text{se change en } \Delta = \pm \frac{2 C^t \sin \frac{2 \pi}{T} t}{T},$$

c'est-à-dire, devient un maximum.

Ce maximum s'obtient aussi pour

$$x = 1, 3, 7 \text{ etc.} \times \frac{l}{2n + 1},$$

puisqu'alors :

$$\frac{2 \pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2} \times (1, 3, 7 \text{ etc.}).$$

Le second cas de résonance, que nous examinerons, est celui d'un cylindre ouvert aux deux extrémités.

A l'une de ces extrémités, la source sonore constituera de nouveau une cause de modification dans le mouvement des molécules de l'air, et le résultat sera qu'à l'autre extrémité il se produira alternativement des condensations et des dilatations, suivant la formule

$$\gamma = - \frac{1}{v^2} \frac{d\varphi}{dt},$$

où

$$\varphi = C \sin \frac{2 \pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right).$$

Mais cette extrémité est maintenant en communication avec l'air extérieur, de sorte qu'à chaque condensation un peu d'air s'échappe au dehors, et qu'à chaque dilatation un peu d'air pénètre dans l'intérieur du cylindre. Ce qui se passe à l'extrémité tournée vers la source sonore aura donc aussi périodiquement lieu à l'autre extrémité: tantôt les molécules qui traversent le plan de l'ouverture de dedans en dehors seront plus nombreuses que celles qui vont de dehors en dedans, tantôt ce sera l'inverse. La conclusion est que, de cette autre extrémité, il part aussi, en sens négatif, une modification du mouvement, semblable à celle qui

procède de la première extrémité, et que la fonction caractéristique de cette modification sera ici :

$$\psi = C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) \mp C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{l-x}{v} \right),$$

d'où :

$$\frac{d\psi}{dx} = - \frac{2\pi C}{\lambda} \left\{ \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) \mp \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{l-x}{v} \right) \right\}.$$

Si l'on veut maintenant, pour $x = 0$, que $\frac{d\psi}{dx}$ soit un maximum,

il faut qu'on ait avec le premier signe :

$$\frac{2\pi l}{Tv} = (2n + 1)\pi,$$

et avec le second*signe :

$$\frac{2\pi l}{Tv} = 2(n + 1)\pi,$$

donc, en général :

$$l = (1 + n) \frac{\lambda}{2},$$

où n , tout comme dans le cas précédent, peut représenter à volonté les nombres 0, 1, 2, 3, 4 etc.

Pour $x = 0$ et $x = l$, on a alors, abstraction faite du signe :

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{4\pi C}{\lambda} \cos \frac{2\pi t}{T},$$

valeur de nouveau plus grande qu'en cas d'absence du cylindre ; par conséquent, résonance.

Le lieu des nœuds est indiqué par les maxima de la pression Δ , pour laquelle on a :

$$\Delta = \frac{C'}{T} \left\{ \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) + \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{l-x}{v} \right) \right\}.$$

Substituant ici, pour le premier cas :

$$\frac{2\pi l}{\lambda} = (2n + 1)\pi,$$

on obtient :

$$\Delta = \frac{C'}{T} \left\{ \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) - \cos \frac{2\pi}{T} \left(t + \frac{x}{v} \right) \right\},$$

ou

$$\Delta = \frac{2C'}{T} \sin \frac{2\pi}{T} t \sin \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{2C'}{T} \sin \frac{2\pi}{T} t \sin \frac{(2n+1)\pi x}{l},$$

donc un maximum pour $x = \frac{l}{2} \times \frac{1}{2n+1}$.

Pour le second cas, on a :

$$\frac{2\pi l}{\lambda} = 2\pi(n+1),$$

donc :

$$\Delta = \frac{C'}{T} \left\{ \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) + \cos \frac{2\pi}{T} \left(t + \frac{x}{v} \right) \right\}$$

$$\Delta = \frac{2C'}{T} \cos \frac{2\pi}{T} t \cos \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{2C'}{T} \cos \frac{2\pi t}{T} \cos \frac{2\pi x}{T} (n+1),$$

par conséquent un maximum pour $x = \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{n+2}$.

Comme troisième cas de résonance, nous prendrons les résonateurs bien connus de M. Helmholtz.

Ce cas a été examiné en détail par M. Helmholtz lui-même, dans son important Mémoire „*Ueber Luftschwingungen in offenen Röhren*” (Crelle Journ., t. 57), et depuis il a aussi été traité d'une manière élégante par M. Grinwis (*Sur la théorie des résonateurs*, dans *Arch. néerl.*, t. VIII, p. 417). Je pourrais donc me borner à renvoyer à ces deux Mémoires, d'autant plus que je ne vois aucun moyen d'appliquer à ce cas la méthode élémentaire que j'ai suivie jusqu'ici. Mais peut-être pensera-t-on que, dans notre manière de représenter la propagation du son, les résultats obtenus par les deux savants que je viens de nommer n'ont plus un fondement suffisant. En outre, il y a quelques points sur lesquels je ne puis être d'accord avec eux, et ces deux raisons me déterminent à reprendre, à leur suite, le calcul en question.

La formule fondamentale (B) du § 2, à savoir,

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = v^2 \left(\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + \frac{d^2 \varphi}{dz^2} \right)$$

est transformée par M. Helmholtz de la manière suivante :

Il pose :

$$\varphi = \psi' \cos \frac{2\pi t}{T} + \psi'' \sin \frac{2\pi t}{T},$$

où ψ' et ψ'' sont indépendants de t , c'est-à-dire uniquement fonctions de x , y , z . L'équation (B) devient alors :

$$\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \psi' + \frac{d^2 \psi'}{dx^2} + \frac{d^2 \psi'}{dy^2} + \frac{d^2 \psi'}{dz^2} = 0$$

et

$$\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \psi'' + \frac{d^2 \psi''}{dx^2} + \frac{d^2 \psi''}{dy^2} + \frac{d^2 \psi''}{dz^2} = 0,$$

ce qui peut s'écrire plus simplement ainsi :

$$k^2 \psi + \Delta^2 \psi = 0. \dots \dots \dots (H)$$

La grandeur ψ est ce que M. Helmholtz nomme le potentiel de la vitesse, et ce qui pour nous sera le potentiel de la variation de la vitesse.

Pour les résonateurs ordinaires, dont les dimensions sont petites comparées à la longueur d'onde, M. Helmholtz a montré que ce potentiel diffère infiniment peu d'une quantité constante. Cela signifie pour nous que dans ces résonateurs la vitesse des molécules d'air n'est pas sensiblement modifiée, et que par conséquent l'action du résonateur consiste essentiellement en ce que, par suite de l'entrée et de la sortie alternatives d'un certain nombre de molécules à l'ouverture, le volume disponible pour les autres devient tantôt plus petit et tantôt plus grand, d'où résultent des variations périodiques de pression sur la membrane du tympan, qui limite ce volume à l'autre côté.

Tandis qu'à l'extérieur le potentiel a une valeur variable, il doit donc, à l'intérieur, se transformer insensiblement en une grandeur constante.

Ce n'est qu'au voisinage immédiat de l'ouverture qu'il en sera autrement, de sorte que pour le mouvement à l'intérieur du résonnateur nous pouvons poser :

$$\varphi = \left[C - \int \frac{h \cos \frac{2\pi r}{\lambda}}{r} d\omega \right] \cos \frac{2\pi t}{T},$$

où $d\omega$ est un élément de l'ouverture, et h une grandeur qui en des points différents de l'ouverture a des valeurs différentes.

Pour le mouvement au voisinage immédiat de l'ouverture, on a en conséquence :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \left[C - \int \frac{h d\omega}{r} \right] \cos \frac{2\pi t}{T}$$

et

$$\frac{d\varphi}{dx} = -2\pi h \cos \frac{2\pi t}{T}.$$

Dans la supposition que la source sonore se trouve à une grande distance, nous pourrons prendre, pour le mouvement des molécules à l'extérieur du résonnateur, l'équation simple :

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = v^2 \frac{d^2 \varphi}{dx^2},$$

à laquelle on satisfait en posant :

$$\varphi = H \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \cos \frac{2\pi t}{T} + I \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T}. \quad (7)$$

Si nous admettons maintenant que ces ondes planes produisent dans le résonnateur des ondes sphériques, dont l'expression est pour chaque point de l'ouverture :

$$\varphi' = \frac{C' \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right)}{r},$$

le mouvement extérieur total devient :

$$\varphi' = \int h \frac{\cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{v} \right)}{r} d\omega + H \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \cos \frac{2\pi t}{T} + I \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T}.$$

A l'ouverture, la valeur de cette expression est :

$$\overline{\varphi'} = \left[\int \frac{h}{r} d\omega + H \right] \cos \frac{2\pi t}{T} + \left[\frac{2\pi}{\lambda} \int h d\omega + I \right] \sin \frac{2\pi t}{T}$$

et

$$\frac{d\overline{\varphi'}}{dx} = -2\pi h \cos \frac{2\pi t}{T}.$$

Pour que la variation du mouvement extérieur passe maintenant d'une manière graduée et continue à celle du mouvement intérieur, il faut qu'on ait :

$$\overline{\varphi} = \overline{\varphi'}$$

et

$$\frac{d\overline{\varphi}}{dx} = \frac{d\overline{\varphi'}}{dx}.$$

La seconde condition est déjà remplie; pour la première, il est nécessaire et suffisant qu'on ait :

$$I + \frac{2\pi}{\lambda} \int h d\omega = 0$$

$$C - H = 2 \int \frac{h d\omega}{r}.$$

De cette dernière équation, il suit que la grandeur h doit être telle, que la fonction potentielle à l'ouverture,

$$\int \frac{h d\omega}{r},$$

prenne une valeur constante.

Nommons donc M la masse qui, étant convenablement répartie sur la surface de l'ouverture, y rend la fonction potentielle constante et égale à 1; puisque la densité h donne la fonction potentielle $C - H$, on aura alors aussi :

$$\int h d\omega = \frac{1}{2} (C - H) M. \quad (8)$$

Mais on a trouvé plus haut :

$$\frac{d\overline{\varphi}}{dx} = -2\pi h \cos \frac{2\pi t}{T},$$

donc, en représentant par ψ la partie de la fonction φ qui varie avec x :

$$\int \frac{d\psi}{dx} d\omega = 2\pi \int h d\omega. \quad (9)$$

Or, d'après le théorème de Green, on a pour deux fonctions quelconques G et H:

$$\int G \frac{dH}{dn} d\omega + \int G \Delta^2 H dv = \int H \frac{dG}{dn} d\omega + \int H \Delta^2 G dv,$$

ou, ajoutant aux deux côtés $k^2 \int H G dv$:

$$\int G \frac{dH}{dn} d\omega + \int G(k^2 H + \Delta^2 H) dv = \int H \frac{dG}{dn} d\omega + \int H(k^2 G + \Delta^2 G) dv.$$

Si donc G et H sont l'un et l'autre des potentiels de la vitesse, on a suivant (H):

$$\Delta^2 H + k^2 H = 0$$

et

$$\Delta^2 G + k^2 G = 0,$$

par conséquent: $\int G \frac{dH}{dn} d\omega = \int H \frac{dG}{dn} d\omega.$

L'expression $\frac{\sin kr}{r}$ étant une intégrale de l'éq. (H), nous obtenons, en mettant pour H la grandeur ψ qui nous occupe ici:

$$\int \frac{\sin kr}{r} \frac{d\psi}{dn} d\omega = \int \psi \frac{d\left(\frac{\sin kr}{r}\right)}{dn} d\omega.$$

Mais nous avons supposé que les distances de l'ouverture aux points situés à l'intérieur du résonateur sont petites comparativement à la longueur d'onde, de sorte qu'on a:

$$\frac{\sin kr}{r} = k - \frac{k^3 r^2}{2 \cdot 3},$$

donc: $\int \frac{d\psi}{dn} d\omega = \frac{k^2}{6} \int r^2 \frac{d\psi}{dn} d\omega - \frac{k^2}{3} \int r \psi \frac{dr}{dn} d\omega.$

De plus, à l'intérieur du résonnateur, nous avons posé $\psi = C$; par conséquent :

$$\int \frac{d\psi}{dn} d\omega = -\frac{k^2 C}{3} \int r \frac{dr}{dn} d\omega.$$

Ensuite, on a $\frac{dr}{dn} = -\frac{n}{r}$, donc :

$$\int \frac{d\psi}{dn} d\omega = k^2 C \int \frac{n d\omega}{3}.$$

Mais $\frac{n d\omega}{3}$ est le volume de la pyramide qui a pour sommet l'origine de r et pour base l'élément de la surface; on a donc :

$$\int \frac{d\psi}{dn} d\omega = k^2 C V,$$

si V représente le volume du résonnateur.

L'équation (9) devient alors :

$$2\pi \int h d\omega = k^2 C V.$$

et l'éq. (8) :

$$k^2 C V = \pi M (C - H).$$

Lorsque l'ouverture est un cercle du rayon s , on a, suivant M. Helmholtz :

$$M = \frac{2s}{\pi},$$

donc :

$$k^2 C V = 2s (C - H),$$

ou :

$$k^2 = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 = \frac{2s}{V} \frac{C - H}{C}.$$

Pour calculer maintenant le renforcement produit par le résonnateur, je détermine la variation de pression, Δ , avec et sans résonnateur.

Sans résonnateur, on a, conformément à l'éq. (7) :

$$\varphi = H \cos kx \cos \frac{2\pi t}{T} + I \cos kx \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

$$\text{donc: } \frac{d\varphi}{dx} = -k \left\{ H \sin kx \cos \frac{2\pi t}{T} + I \sin kx \sin 2\pi \frac{t}{T} \right\},$$

et par suite:

$$\Delta = \frac{\rho_0 v}{g} \frac{d\varphi}{dx} = -\frac{\rho_0 v k}{g} \left\{ H \sin kx \cos \frac{2\pi t}{T} + I \sin kx \sin 2\pi \frac{t}{T} \right\}.$$

Avec résonnateur, on a:

$$\varphi = C \cos \frac{2\pi t}{T},$$

$$\text{donc: } \gamma = -\frac{1}{v^2} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi C}{T v^2} \sin \frac{2\pi t}{T},$$

et la variation de la pression étant

$$\Delta' = \frac{\rho v^2}{3g} - \frac{\rho_0 v^2}{3g} = \frac{\rho_0 v^2}{3g} \gamma$$

on obtient:

$$\Delta' = \frac{2\pi \rho_0 C}{3g T} \sin \frac{2\pi t}{T}.$$

Le renforcement est donc:

$$\frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{-2\pi C}{3k\lambda \sin kx} \times \frac{1}{\left(H \cotg \frac{2\pi t}{T} + I \right)};$$

pour que ce renforcement soit indépendant du temps, il faut qu'on ait:

$$H = 0,$$

ce qui donne:

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \sqrt{\frac{2s}{V}} \text{ ou } T = \frac{2\pi}{v} \sqrt{\frac{V}{2s}}; \quad (10)$$

telle est donc la durée de vibration du ton pour lequel le résonnateur résonne.

Quant au renforcement demandé, il devient alors:

$$\frac{\Delta'}{\Delta} = -\frac{2\pi C}{3k\lambda I} = -\frac{C}{3I}.$$

Mais on a :

$$I + \frac{2\pi}{\lambda} \int h d\omega = 0$$

et
$$2\pi \int h d\omega = k^2 C V,$$

donc
$$I = -\frac{k^2 C V}{\lambda} = -\frac{4\pi^2 C V}{\lambda^3}$$

et
$$\frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{\lambda^3}{12\pi^2 V}. \quad (11)$$

On a d'ailleurs d'après (10) :

$$\frac{\lambda^2}{4\pi^2} = \frac{V}{2s},$$

par conséquent
$$\frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{\lambda}{6s}. \quad (12)$$

Cette expression de la grandeur de la résonance est entièrement conforme à celle trouvée par M. Helmholtz ¹⁾, tandis que M. Grinwis donne l'expression ²⁾ :

$$\frac{\Delta'}{\Delta} = \delta \frac{\lambda^3}{V} r^2,$$

dans laquelle entre, en plus, la quantité r^2 . Mais c'est là évidemment une petite inadvertance, qui a échappé à l'attention du savant auteur, puisque le renforcement doit indiquer un rapport, c'est-à-dire, un nombre non spécifié. L'erreur réside probablement dans la formule (18) de M. Grinwis, établie dans la supposition que, lorsqu'on place devant l'oreille un écran percé d'un trou $= \pi r^2$, l'intensité du son croît dans le rapport $1 : r^2$, tandis que, à mon avis, cette intensité reste alors constante.

Dans un appendice à son ouvrage „*Die Lehre der Tonemp-*

¹⁾ Crelle's *Journal*, t. LVII, p. 68.

²⁾ *Arch. néerl.*, t. VIII, p. 430.

findungen", M. Helmholtz donne pour un de ses résonnateurs les dimensions suivantes :

$$V = 1092 \text{ cM}^3 \text{ et } s = 1,425 \text{ cM.}$$

d'où l'on déduit, d'après (12) :

$$\frac{\Delta'}{\Delta} = 13,1,$$

ce qui montre l'importance du renforcement qu'on peut obtenir avec ces instruments.

7. Nous allons maintenant considérer les tuyaux d'orgue, et, après ce qui précède, nous pourrons être brefs sur ce chapitre, et même négliger entièrement les tuyaux à *bouche*, chez lesquels il ne se produit près de la lèvre qu'un bruit ¹⁾, c'est-à-dire un mélange de tons, dont l'un est élevé par la résonnance du tuyau à l'état de ton perceptible.

Il nous reste donc à parler des tuyaux à *anche*, sujet qui a été traité de main de maître dans l'ouvrage déjà cité de M. Helmholtz : *Die Lehre der Tonempfindungen*, et sur lequel il n'est pas probable qu'on ouvrira de sitôt des points de vue nouveaux.

L'action de l'anche, comme l'a parfaitement montré M. Helmholtz, est entièrement analogue à celle du disque tournant de la sirène, et, de même que dans celle-ci le nombre des vibrations du ton est déterminé par la durée de la rotation et par le nombre des trous du disque, de même dans les tuyaux à anche la hauteur du ton est déterminée par la durée de vibration de la languette. Mais, deux cas peuvent ici se présenter :

1°. La languette peut être si épaisse et si rigide que l'air ambiant est incapable de modifier sa période ; il faut alors surmonter le porte-vent d'un tuyau qui résonne pour le ton propre de la languette seule. Chaque note exige dans ce cas une anche différente (harmonium, orgue).

¹⁾ Je ne m'arrêterai pas ici à la théorie des bruits en général, attendu que j'ai entrepris sur ce sujet, avec le concours de M. Talma, des recherches spéciales.

2°. La languette peut être très légère et très élastique, de sorte que la variation de pression, qui naturellement se produit dans le porte-vent, exerce une grande influence sur les vibrations de la languette. Celle-ci ne vibre alors pas comme si elle était libre, mais d'une manière qui est entièrement déterminée par la longueur du tuyau. Il n'y a même plus aucun compte à tenir des vibrations propres de l'anche, qui s'exécuteraient avec beaucoup trop de rapidité.

Un pareil tuyau sonore donne la note pour laquelle résonne une colonne d'air *fermée*, c'est-à-dire la note dont la longueur d'onde est 4 fois la longueur du tuyau, et en outre les tons harmoniques impairs (voir § 6); à cette espèce d'instruments appartient la clarinette. Je viens de souligner le mot *fermé*, parce qu'on pourrait facilement croire que ce doit être au contraire une colonne *ouverte*. Les tuyaux à anche, en effet, sont tous ouverts par en haut. Mais si l'on prend en considération que le son est dû ici, comme dans la sirène, aux pulsations de l'air qui s'échappe périodiquement en haut par l'ouverture, on comprendra que la résonance à l'intérieur du tuyau, c'est-à-dire les variations régulières du mouvement des molécules d'air qui y sont contenues, procède du haut vers le bas, et comme l'ouverture, que l'anche forme ici périodiquement par ses vibrations, est très petite en comparaison de la capacité du porte-vent, on peut très bien regarder le tuyau comme fermé par en bas. D'ailleurs, pour que l'air par son mouvement puisse modifier la vibration de la languette, il faut que précisément près de cette languette il éprouve le maximum de variation de la pression, et que par conséquent il y ait un nœud en ce point.

La seule chose qui demande ici encore quelque éclaircissement, c'est de savoir comment, dans la nouvelle théorie, on doit se représenter l'action de la sirène.

M. Clausius a fait voir que le *chemin moyen* l , qu'une molécule d'air parcourt entre deux chocs, est donné par la formule

$$l = \frac{1}{N \times \frac{4}{3} \pi \rho^2},$$

où N désigne le nombre des molécules contenues dans l'unité de volume, et ρ la distance maximum à laquelle deux molécules exercent encore de l'action l'une sur l'autre.

Ainsi que l'ont montré M. Van der Waals, dans sa thèse de doctorat, et M. Clausius, dans son travail: *On the mean Ergal*¹⁾, cette formule n'est pas absolument exacte; mais, vu la petitesse des dimensions des molécules, elle s'écarte si peu de la vérité, que nous pouvons hardiment l'appliquer ici. Ainsi, le chemin moyen entre deux chocs est en raison inverse du nombre des molécules qui existent dans l'unité de volume.

Lors donc que dans une soufflerie nous augmentons la capacité du compartiment inférieur, le chemin moyen y devient plus grand qu'à l'extérieur. Il entre par conséquent plus de molécules qu'il n'en sort. En comprimant ensuite le compartiment inférieur, qui simultanément est mis en communication avec le compartiment supérieur, nous diminuons le chemin moyen dans le premier, et par suite il passe plus de molécules du premier dans le second que du second dans le premier. De cette manière, le nombre N devient de plus en plus grand dans le compartiment supérieur, de sorte que par le tambour correspondant de la sirène une partie des molécules s'échappent, dès que la possibilité leur en est offerte. Le disque tournant régulièrement, ses trous laissent passer à des intervalles réguliers une certaine masse d'air. Les molécules de cet air heurtent dans toutes les directions celles de l'air extérieur, ce qui a pour effet que la densité varie d'une manière périodique. Après un temps plus ou moins long, cette variation de densité se retrouvera aussi en des points plus éloignés, et il en résultera une variation de pression sur la membrane du tympan, tout aussi bien que cela a lieu, comme nous l'avons vu au § 2, lorsque la vitesse et la densité varient à la fois. Or, d'après Fourier, toute fonction périodique y peut être représentée par la série:

$$y = A_1 \sin \frac{2\pi t}{T} + A_2 \sin \frac{4\pi t}{T} + \text{etc.} + \\ + B_1 \cos \frac{2\pi t}{T} + B_2 \cos \frac{4\pi t}{T} + \text{etc.};$$

¹⁾ *Phil. Magazine*, août 1875.

par conséquent, dans le cas actuel, la condensation γ pourra aussi être développée en une pareille série, d'où il suit que γ prendra une forme goniométrique semblable à celle qui est indiquée au § 2 par la formule

$$\gamma = -\frac{1}{v^2} \frac{d\varphi}{dt}.$$

La variation de la pression sur le tympan devient alors :

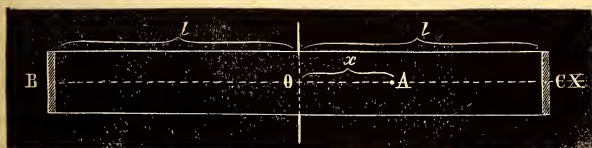
$$\Delta = \frac{\rho u^2}{3g} - \frac{\rho_0 u^2}{3g} = \frac{\rho_0 \gamma u^2}{3g} = -\frac{\rho_0}{3g} \cdot \frac{d\varphi}{dt},$$

expression qui ne diffère pas essentiellement de celle qui a été trouvée précédemment :

$$\Delta = \frac{\rho_0 v}{g} \frac{d\varphi}{dr}.$$

On entendra par conséquent un ton déterminé par la période de la fonction φ .

8. Les expériences de M. Kundt ont montré que si l'on introduit de la poudre de lycopode dans un tube horizontal, qu'on ferme les deux extrémités de celui-ci, et qu'ensuite, le fixant par le milieu, on le fasse vibrer longitudinalement, la poudre se distribue en groupes séparés, dont le nombre est égal au rapport qui existe entre les vitesses de propagation du son dans le verre et dans l'air. Pour expliquer ce fait, on peut s'y prendre de la manière suivante.



Soit BC le tube en question, fixé au milieu, et soit A une séminule placée une distance x du milieu O. Lorsque le tube exécutera des vibrations longitudinales, les fonds B et C se porteront simultanément de dehors en dedans et de dedans en dehors. La vitesse des molécules d'air qui se réfléchissent sur ces fonds, ainsi que la densité de l'air, seront par suite modifiées, et il en résultera que la molécule A recevra de B une variation de pression représentée, suivant la formule (F), par :

$$\Delta_1 = \frac{C_1}{T} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{l+x}{v} \right),$$

et de C, de droite à gauche, une variation de pression :

$$\Delta_2 = \frac{C_1}{T} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{l-x}{v} \right).$$

La pression motrice, qui tend à mouvoir la séminule A dans le sens des x positifs, sera donc :

$$\Delta_1 - \Delta_2 = \frac{2C_1}{T} \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{l}{v} \right) \sin \frac{2\pi x}{vT}.$$

Il suit de là que cette pression motrice est constamment nulle pour

$$x = 0, \text{ c'est-à-dire au milieu,}$$

et aussi pour

$$x = \frac{pvT}{2}, \text{ } p \text{ étant un nombre entier quelconque.}$$

Mais, puisque le tube donne le ton fondamental, on a, en représentant par V la vitesse du son dans le verre :

$$l = \frac{1}{4} VT,$$

ou, en posant

$$V = n \times v,$$

$$l = \frac{1}{4} n v T.$$

Le mouvement des séminules est donc nul pour les valeurs successives

$$x = \frac{pvT}{2} = p \cdot \frac{2l}{n},$$

de sorte que les points qui restent en repos se trouvent à la distance

$$d = \frac{2l}{n}$$

l'un de l'autre.

9. Dans la fonction caractéristique

$$\varphi = \frac{F}{r},$$

nous avons supposé la grandeur F égale à une fonction de

$\left(t - \frac{r}{v}\right)$, d'abord parce que, devant son origine au mouvement périodique de la source sonore, elle doit être elle-même une fonction périodique, et ensuite parce que la variation de mouvement, qui se produit au temps t près de la source sonore, se produira au bout d'un temps $t - \frac{r}{v}$ à la distance r . En réalité, toutefois, v est variable dans cette expression, et égal, pour chaque point, à $v + \frac{d\varphi}{dr}$; si nous voulons atteindre la dernière exactitude, il faut donc remplacer l'expression $\frac{r}{v}$ par celle-ci :

$$\int_0^r \frac{dr}{u + \frac{d\varphi}{dr}} = \frac{r}{v} - \frac{1}{v^2} \varphi,$$

de sorte qu'on a alors :

$$\varphi = \frac{F\left(t - \frac{r}{v} + \frac{\varphi}{u^2}\right)}{r},$$

$$\text{ou } \varphi = \frac{F\left(t - \frac{r}{v}\right)}{r} + \frac{F\left(t - \frac{r}{v}\right)F'\left(t - \frac{r}{v}\right)}{v^2 r^2}.$$

On voit que ce n'est pas sans raison que nous avons jusqu'ici négligé le dernier terme. Si toutefois l'on veut en tenir compte, on obtient :

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi}{dr} &= -\frac{1}{vr} F' - \frac{1}{r^2} F - \frac{1}{v^3 r^2} (F F'' + F'^2) - \frac{2 F F'}{v^2 r^3} \\ \text{et } \frac{d^2\varphi}{dr^2} &= +\frac{1}{v^2 r} F'' + \frac{1}{v r^2} F' + \frac{1}{r^2 v} F' + \frac{2F}{r^3} + \frac{1}{v^4 r^2} (F F''' + 3F' F'') + \\ &+ \frac{F F'' + F'^2}{v^3 r^3} + \frac{2}{v^3 r^3} (F F'' + F'^2) + \frac{6 F F'}{v^2 r^4}. \end{aligned}$$

Mais dans la formule (6) du § 2, savoir,

$$\frac{d\gamma}{dt} + \frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0,$$

on a
$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + \frac{d^2 \varphi}{dz^2} = \frac{d^2 \varphi}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{d \varphi}{dr}.$$

Les valeurs ci-dessus de $\frac{d \varphi}{dr}$ et de $\frac{d^2 \varphi}{dr^2}$ conduisent donc à :

$$\frac{d\gamma}{dt} = -\frac{1}{v^2 r} F'' - \frac{2FF'}{v^2 r^4} - \frac{FF''' + 3F'F''}{v^4 r^2} - \frac{FF'' + F'^2}{v^3 r^3}.$$

On a en outre :

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{F''}{r} + \frac{FF''' + 3F'F''}{v^2 r^2},$$

donc :
$$-\frac{1}{v^2} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -\frac{1}{v^2 r} F'' - \frac{1}{v^4 r^2} (FF''' + 3F'F''),$$

et par conséquent :

$$\frac{d\gamma}{dt} = -\frac{1}{v^2} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} - \frac{2FF'}{v^2 r^4} - \frac{FF'' + F'^2}{v^3 r^3},$$

ou, en négligeant le dernier terme, puis intégrant :

$$\gamma = -\frac{1}{v^2} \frac{d\varphi}{dt} - \frac{F^2}{v^2 r^4},$$

expression qui ne diffère que par la grandeur

$$\Delta \gamma = \left\{ \frac{F \left(t - \frac{r}{v} \right)}{v r^2} \right\}^2$$

de la formule (A) trouvée précédemment.

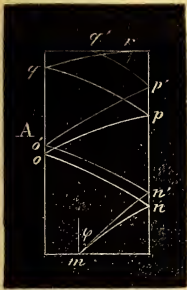
Or $\Delta \gamma$ est toujours un nombre positif, d'où il suit que le mouvement sonore, outre les condensations et les dilatations périodiques, détermine aussi une petite *dilatation* permanente, du côté de la source.

C'est à cette dilatation permanente que doit être rapportée, suivant M. Challis ¹⁾, la cause du phénomène observé par MM. Guyot, Schellbach ²⁾ et Guthrie, à savoir, qu'un corps léger est attiré par une source sonore placée à proximité.

¹⁾ *Phil. Mag.* (4), t. XLI, p. 279.

²⁾ *Pogg. Ann.*, t. CXL, p. 325.

10. Jusqu'à présent nous n'avons tenu aucun compte de la pesanteur. Il nous reste donc à examiner si cette force ne porterait pas atteinte à la valeur de nos résultats. Voici comment son influence peut être appréciée jusqu'à un certain degré.



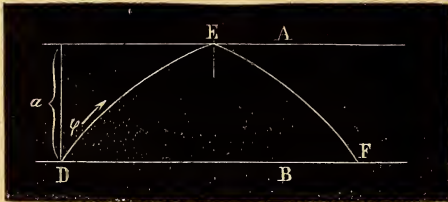
Supposons que dans le vase A une quantité de molécules d'air se meuvent de la manière indiquée précédemment, c'est-à-dire, dans toutes les directions et avec des vitesses égales. Faisons alors intervenir tout à coup la pesanteur; quel effet produira-t-elle? Celui-ci, que toutes les molécules, qui jusqu'alors parcouraient des lignes droites, vont maintenant décrire des arcs de parabole,

ayant tous leur convexité tournée vers le haut. En admettant, comme M. Clausius l'a prouvé pour certains cas, qu'un vase rempli de molécules qui se heurtent les unes contre les autres peut être remplacé par un vase de dimensions différentes, dans lequel toutes les molécules se meuvent sans perturbations réciproques, nous pourrons laisser chaque molécule décrire sa trajectoire propre, sans avoir à nous préoccuper des autres. Une molécule m , après avoir rebondi sur le fond du vase, ne s'élèvera alors plus, comme dans l'hypothèse primitive, suivant la ligne droite brisée $m'n'o'p'q'$, mais parcourra la trajectoire $mnopqr$. Adaptées convenablement l'une à l'autre, les différentes parties de cette trajectoire constituent une parabole unique. Or, pour chaque parabole complète, le point le plus élevé est situé à la hauteur

$$h = \frac{u^2 \cos^2 \varphi}{2g},$$

si φ représente l'angle formé initialement avec la verticale. Par conséquent, de toutes les molécules partant sous un angle tel que son cosinus rende h plus petit que la hauteur du vase, H , aucune n'atteindra jamais la paroi supérieure. Tandis que précédemment toutes les molécules frappaient à leur tour la paroi d'en haut, tout aussi bien que le fond, il y en a maintenant beaucoup qui restent confinées dans des régions inférieures, et par conséquent la densité diminue du bas vers le haut.

Représentons-nous ensuite deux plans horizontaux, parallèles, à une faible distance, a , l'un de l'autre. Chaque molécule d'air décrit des portions de parabole, telles que DEF; quelle est la pression sur chacun des deux plans?



Le temps dont une molécule, partant du plan B, a besoin pour revenir à B, est donné par la formule:

$$\frac{1}{2} t = \frac{u \cos \varphi}{g} - \sqrt{\frac{u^2 \cos^2 \varphi - 2ag}{g^2}},$$

ou:
$$t = \frac{2a}{u \cos \varphi} \left(1 + \frac{ag}{2u^2 \cos^2 \varphi} \right).$$

Dans le temps θ , le nombre des chocs de chaque molécule sur le plan B est donc:

$$\frac{\theta}{t} = \frac{\theta u \cos \varphi}{2a} \left(1 - \frac{ag}{2u^2 \cos^2 \varphi} \right).$$

A chaque choc, la pression exercée est:

$$\frac{2 m u \cos \varphi}{g},$$

de sorte qu'en nommant F la pression moyenne, on obtient:

$$F \theta = \sum \frac{m u^2 \cos^2 \varphi}{ag} \theta \left(1 - \frac{ag}{2u^2 \cos^2 \varphi} \right),$$

ou
$$F = \sum \frac{m u^2 \cos^2 \varphi}{ag} - \frac{1}{2} \sum m.$$

De la même manière on trouve pour la pression sur le plan A:

$$F' = \sum \frac{m u^2 \cos^2 \varphi}{ag} - \frac{3}{2} \sum m,$$

par conséquent:

$$F - F' = \sum m.$$

La pression exercée sur le plan inférieur dépasse donc celle que subit le plan supérieur d'une quantité égale au poids de l'air

compris entre les deux plans. De là découle immédiatement la loi d'Archimède.

En outre, $\Sigma \frac{m u^2 \cos^2 \varphi}{a g}$ est l'expression connue d'où M.

Clausius a déduit par sommation la formule de la pression que nous avons donnée au commencement du § 3, savoir

$$F = \frac{N m u^2}{3 g}.$$

Nous reconnaissons ainsi que la pesanteur ne change cette pression que d'une quantité constante, c'est-à-dire d'une quantité qui est indépendante de la *vitesse*. Or, comme nous avons expliqué la majeure partie des phénomènes par cette vitesse, on voit que la pesanteur ne saurait modifier nos résultats que dans une *faible mesure*. C'est ce que le raisonnement suivant, qui est plus rigoureux, fera encore mieux ressortir.

Figurons-nous l'atmosphère comme composée d'une masse de molécules se mouvant avec des vitesses égales dans toutes les directions possibles, et faisons alors agir subitement la pesanteur.

De même qu'au § 2, la vitesse u se change alors en une autre, U , et le cosinus de l'angle que la direction d'une molécule fait avec la verticale passe de λ à μ ; ainsi que le montre la figure ci-jointe, on a dans ce cas:



$$U \mu = u \lambda - g \quad (13)$$

$$\text{et } U^2 = (u \lambda - g)^2 + (u \sqrt{1 - \lambda^2})^2 = u^2 + g^2 - 2 g u \lambda,$$

$$\text{ou } U^2 = u^2 - g^2 - 2 g U \mu,$$

$$\text{d'où l'on tire } U = -g \mu + \sqrt{u^2 - g^2 (1 - \mu^2)}. \quad (14)$$

D'un autre côté, conformément au § 2, le nombre des molécules qui dans l'unité de temps traversent un plan donné est:

$$\int_{-1}^{+1} N H U \mu d \mu = \int_{-1}^{+1} N (u \lambda - g) d \lambda = -g N,$$

ce qui signifie que gN molécules passent dans une couche inférieure. Le moment viendrait donc bientôt où toutes les molécules seraient couchées sur le sol, si, précisément à la rencontre de celui-ci, elles ne rebondissaient et ne se répandaient de nouveau dans l'atmosphère.

Il y a donc nécessairement des mouvements d'ascension et de descente, et, en dépit de tous les chocs avec d'autres molécules, chacune d'elles arrive à son tour près du sol et dans les régions supérieures.

Mais chaque molécule a aussi, maintenant qu'agit la pesanteur, de l'énergie potentielle, et elle en a d'autant plus qu'elle se trouve à une plus grande hauteur. En vertu de la loi de la conservation de l'énergie, la vitesse doit donc être moindre dans les couches supérieures, et, comme il est facile de le voir, égale à

$$U_h^2 = U_o^2 - 2gh. \quad (15)$$

Par suite de l'échange continu de molécules et de leur rebondissement sur le sol, il se produit bientôt dans l'atmosphère un état où chaque couche horizontale possède une densité constante. Arrivée à ce point, chaque couche émet au même instant, vers le haut et vers le bas, autant de molécules qu'elle en reçoit du bas et du haut.

Or, conformément au § 2, le nombre des molécules qu'une couche donnée lance vers le haut est

$$\frac{1}{2} \int_0^1 H d\mu,$$

expression où H a la valeur

$$H = \frac{1}{u} \frac{d \cdot U_\mu}{d\mu},$$

ou, en vertu de (14),

$$H = 1 - \frac{2g\mu}{U} - \frac{g^3}{2U^2} + \frac{3}{2} \frac{g^2 \mu^2}{U^2},$$

par conséquent :

$$\frac{1}{2} \int_0^1 H d\mu = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{g}{U} \right). \quad (16)$$

De même, le nombre des molécules qui dans le même temps se dirigent vers le bas est :

$$\frac{1}{2} \int_0^{-1} H d\mu = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{g}{U} \right).$$

En considérant donc trois couches horizontales infiniment minces, dont les densités soient, de bas en haut, ϱ'' , ϱ et ϱ' , il entrera dans la couche moyenne :

$$\varrho'' \left(1 - \frac{g}{U''} \right) + \varrho' \left(1 + \frac{g}{U'} \right)$$

molécules, tandis qu'il en sortira dans le même intervalle de temps :

$$\varrho \left(1 - \frac{g}{U} \right) + \varrho \left(1 + \frac{g}{U} \right).$$

Mais on a :

$$\begin{aligned} \varrho_1 &= \varrho + d\varrho \quad \text{et} \quad \varrho'' = \varrho - d\varrho, \\ U' &= U + dU \quad \text{et} \quad U'' = U - dU, \end{aligned}$$

et en outre, d'après (15) :

$$dU = -\frac{g}{U} dh,$$

$$\text{donc :} \quad \varrho'' \left(1 - \frac{g}{U''} \right) = (\varrho - d\varrho) \left(1 - \frac{g}{U + \frac{g}{U} dh} \right)$$

$$\text{et} \quad \varrho' \left(1 + \frac{g}{U'} \right) = (\varrho + d\varrho) \left(1 + \frac{g}{U - \frac{g}{U} dh} \right),$$

de sorte que la masse des molécules qui *entrent* dans la couche devient :

$$2\varrho + \frac{2g^2\varrho dh}{U^3} + \frac{2gd\varrho}{U}.$$

La quantité qui *sort* de la couche est simultanément

$$2\varrho,$$

et pour que la densité dans la couche reste constante, il faut donc qu'on ait :

$$\frac{2g^2 \varrho dh}{U^3} + \frac{2g d\varrho}{U} = 0,$$

c'est-à-dire

$$\frac{d\varrho}{\varrho} = -\frac{g}{U^2} dh,$$

ou, en vertu de (15), $\frac{d\varrho}{\varrho} = -\frac{g dh}{U_0^2 - 2gh}$.

L'intégration donne alors :

$$\varrho = \frac{\varrho_0}{U_0} \sqrt{U_0^2 - 2gh}, \quad (17)$$

ou

$$\varrho = \varrho_0 \left\{ 1 - \frac{gh}{U_0^2} \right\}. \quad (18)$$

Par les formules (15) et (18), l'état de l'atmosphère est maintenant complètement déterminé.

Nous venons d'admettre que dans chaque couche horizontale la densité est constante. Si l'on introduit cette condition dans les considérations du § 2, relatives aux modifications que la présence d'une source sonore apporte à la densité dans un parallépipède infiniment mince, on verra que l'action de la pesanteur ne change rien à la formule :

$$\frac{d\gamma}{dt} = -\frac{d^2\varphi}{dx^2} - \frac{d^2\varphi}{dy^2} - \frac{d^2\varphi}{dz^2}.$$

En outre, φ sera encore une fonction goniométrique de $\left(t - \frac{r}{U}\right)$,

mais, U étant maintenant variable, on devra, à la place de $\frac{r}{U}$, mettre :

$$\int_0^r \frac{dr}{dU},$$

ou, si la ligne r fait avec la verticale un angle dont le cosinus est μ ,

$$\frac{1}{\mu} \int \frac{dh}{\sqrt{U_0^2 - 2gh}} = \frac{R}{U_0} - \frac{1}{2}g \frac{R^2 \mu}{U_0^3},$$

de sorte que, en négligeant le second terme de cette expression,

la fonction φ devient de la même nature qu'elle l'était lorsqu'on ne tenait aucun compte de la pesanteur. Tous nos raisonnements antérieurs restent donc applicables. Le petit terme $-\frac{1}{2}g\frac{R^2\mu}{U_0^3}$ fera que, au lieu d'une même longueur d'onde dans tous les sens, on aura maintenant vers le haut des ondes plus courtes, et vers le bas des ondes plus longues; dans une direction quelconque, à peu près:

$$\lambda = U_0 T - \frac{3g\mu r^2 T}{2U_0}.$$

Pour ce qui regarde la pression P éprouvée par l'unité de surface, elle est:

$$P = \frac{\rho U^2}{3g},$$

ou, d'après (15) et (18):

$$P = \frac{\rho_0 U_0^2}{3g} - \rho h,$$

de sorte que la différence de pression sur deux plans situés à des hauteurs différentes est:

$$\rho (h' - h) = M,$$

M étant la masse des molécules qui se trouvent entre les deux plans.

La variation de pression que détermine une source sonore est, d'après la formule (F):

$$\Delta = \frac{\rho U}{g} \cdot \frac{d\varphi}{dr}.$$

Mais on a:

$$\varphi = \frac{F\left(t - \frac{r}{U_0} + \frac{1}{2}g\frac{r^2\mu}{U_0^3}\right)}{r},$$

ou, d'après le théorème de Taylor:

$$\varphi = \frac{F\left(t - \frac{r}{U_0}\right)}{r} - \frac{1}{2}g\frac{r\mu}{U_0^3} F'\left(t - \frac{r}{U_0}\right);$$

par conséquent :

$$\frac{d\varphi}{dr} = -\frac{1}{r} \left\{ \frac{F' \left(t - \frac{r}{U_0} \right)}{U_0} + \frac{F \left(t - \frac{r}{U_0} \right)}{r} \right\} - \frac{1}{2} \frac{g\mu}{U_0^3} \left\{ F' - \frac{r}{U_0} F'' \right\}.$$

En supposant, par exemple :

$$F \left(t - \frac{r}{U_0} \right) = C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U_0} \right),$$

on obtient :

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi}{dr} = & -\frac{1}{r} \left\{ \frac{2\pi C}{UT} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) + \frac{C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right)}{r} \right\} - \\ & - \frac{\pi g\mu C}{T U_0^3} \left\{ \frac{2\pi r}{UT} \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) + \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) \right\} \end{aligned}$$

et par suite, d'après (15) et (18) :

$$\begin{aligned} g\Delta = & - \left(\frac{U_0}{r^2} - \frac{2gh}{U_0 r^2} \right) \left\{ \frac{2\pi C \varrho_0 r}{\lambda} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) + \right. \\ & \left. + \varrho_0 C \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) \right\} - \frac{g\pi C \varrho_0 \mu}{U_0^2 T} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right), \end{aligned}$$

ou, attendu qu'on a $h = r\mu$:

$$\begin{aligned} \Delta = & \Delta_0 - \frac{\varrho_0 C \mu}{U_0} \left\{ \frac{\pi}{\lambda} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) + \frac{2\pi^2 r}{\lambda^2} \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) - \right. \\ & \left. - \frac{2\pi}{\lambda} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) - \frac{2}{r} \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) \right\} \end{aligned}$$

ou

$$\Delta = \Delta_0 - \frac{\varrho_0 C \mu}{U_0} \left\{ \left(\frac{2\pi^2 r}{\lambda^2} - \frac{2}{r} \right) \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) - \frac{\pi}{\lambda} \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{r}{U} \right) \right\},$$

expression dans laquelle Δ_0 est la variation de la pression telle que nous l'avons employée précédemment, c'est-à-dire dégagée de l'influence de la pesanteur.

De la même manière, en usant de la valeur complète

$$\Delta = \frac{\varrho U}{g} \frac{d\varphi}{dr} + \frac{\varrho}{g} \left(\frac{d\varphi}{dr} \right)^2,$$

pour déterminer l'intensité par la formule

$$I = \int_t^{t+T} \Delta dt,$$

on trouve :

$$I = I_0 + \frac{g_0 \mu C^2}{U_0^2 r} \left\{ \frac{\pi^2}{\lambda^2} - \frac{1}{2r^2} \right\} \dots \dots \dots (G')$$

expression dans laquelle

$$I_0 = \frac{g_0}{g} \left\{ \frac{4\pi^2 C^2}{\lambda^2 r^2} + \frac{C^2}{2r^4} \right\}$$

est de nouveau l'intensité soustraite à l'action de la pesanteur.

Tous ces calculs ne sont qu'approximatifs, mais ils n'en donneront pas moins, je l'espère, une meilleure idée de l'influence de la pesanteur que la formule de M. Airy,

$$X = \varphi(u) + \psi(v) + \sum_1^\infty \left[\left(\frac{1}{4H} \right)^p \cdot \left(\int_u - \int_v \right)^p \cdot \{ \varphi(u + \psi(v)) \} \right],$$

au sujet de laquelle, du reste, l'auteur dit lui-même : „We doubt however, whether anything is really gained by this form.”

Mon expression (G'), par les différentes valeurs que peut prendre μ , rend aussi compte du fait que, dans les pays de montagnes, un coup de fusil s'entend mieux d'une vallée que d'une hauteur.

UTRECHT, février 1876.

NOTICE SUR LE GENRE
CHAETODON ART. (POMACANTHUS LAC. CUV.)

ET SUR LA

PLURALITÉ DE SES ESPÈCES VIVANTES,

PAR

P. BLEEKER.

Les espèces décrites par Cuvier et Valenciennes comme des Pomacanthus, sont toutes du type qu'Artédi plaça en tête de son genre Chaetodon. La première espèce de Chaetodon, tant dans les „Genera” que dans les „Synonymia”, est le Pomacanthus paru Lac., Cuv., et c'est donc à cette espèce et à ses voisines qu'il convient de conserver le nom générique artédien. Des cinq espèces de Chaetodon, indiquées dans les „Genera”, pas une seule ne rentre dans le genre Chaetodon tel que l'ont réformé les naturalistes modernes, la première et les deux dernières étant des Pomacanthus des naturalistes actuels, et la 2^e et 3^e des Rhombotides (*Acanthurus* Forsk.)

Artédi n'a même connu qu'une seule espèce de Chaetodon moderne, c'est-à-dire le *Chaetodon striatus* L., et on ne trouve cette espèce citée qu'en dernier lieu dans les „Synonymia” et décrite aussi en dernier lieu dans les „Descriptiones”. C'est ce *Chaetodon striatus*, que Klein a pris pour type de son genre *Tetragonoptrus*, nom qui a droit de remplacer celui de *Chaetodon* pour les espèces congénériques avec le *Chaetodon striatus* L.

Il est presque superflu du reste de noter que la conception du genre *Chaetodon* par Artédi et celle du genre *Tetragonoptrus* par Klein étaient fort vicieuses. Artédi y admit aussi des Rhombotides,

des *Taurichthys* (*Heniochus*) et des *Zanclus*, et dans le *Thesaurus* de Seba il y plaça encore des espèces de *Chelmon*, *Platax*, *Drepane*, et même de *Monodactylus* (*Psettus*), *Premnas*, *Prochilus* (*Amphiprion*), *Pomacentrus*, *Tetradrachmum* (*Dascyllus*) et *Plectorhynchus* (*Diagramma*). On retrouve la plupart de ces genres parmi les espèces que Klein plaça dans son genre *Tetragonopterus*, où cependant le *Chaetodon striatus* L. figure en tête et le *Chaetodon capistratus* L. en second lieu. — Linné et Bloch ne comprirent le genre pas autrement, en sorte qu'il embrassait tous les genres qui composent les Familles des Squammipennes, des Pomacentroïdes et des Acanthuroïdes des auteurs modernes.

Forskoal le premier (*Descr. anim.* p. 59) indiqua la complexité du genre artédien, en proposant les sous-divisions *Chaetodon*, *Abudedefduf* et *Acanthurus*, qui correspondent parfaitement aux trois familles susdites.

Réduisant donc, comme il est devenu nécessaire, le genre *Chaetodon* Art. à l'espèce type à et celles qui en sont voisines, il faut bien substituer le nom artédien à celui de *Pomacanthus*, proposé le premier par Lacepède.

Et, même si le droit de priorité n'exigeait pas le maintien du nom de *Chaetodon* pour les *Pomacanthus* des auteurs contemporains, celui de *Pomacanthus* n'aurait en aucun cas le droit d'être conservé.

Le genre *Pomacanthus*, tel qu'il fut proposé par Lacepède, se composait d'espèces de *Zanclus*, de *Glyphidodon*, de *Pomacanthus* et d'*Holacanthus* dans le sens cuviérien. Or, l'espèce type de Lacepède étant le *Pomacanthus canescens*, qui n'est autre que le *Zanclus canescens* Günth. (= *Chaetodon canescens* L. = *Zanclus centrognathus* CV.), le nom générique de *Pomacanthus* n'aurait droit que d'être appliqué aux espèces de *Zanclus*, si ce genre n'avait pas été déjà nommé et mieux indiqué par Commerson.

Je réserve donc, à l'exemple de M. Gill, le nom générique de *Chaetodon* pour le *Chaetodon* paru Bl. et les espèces voisines, c'est-à-dire pour les espèces qui composent le genre *Pomacanthus* dans le sens cuviérien.

Le genre, membre de la sousfamille des Holacanthiformes, est nettement caractérisé par la nageoire dorsale, dont la partie épineuse est beaucoup et jusqu'à plus de deux fois plus courte que la partie molle, et soutenue par 8 à 11 épines rapprochées les unes des autres et rapidement croissantes en arrière. Les espèces connues ont encore en commun un corps élevé et rhomboïde, une dorsale molle et anale aiguës en pointe ou fort prolongées, une membrane branchiale continue sous la gorge et attachée seulement à un isthme fort étroit, un préorbitaire sans dentelure, des dents vomériennes, et une écaillure assez irrégulière mais à 60 jusqu'à 90 rangées transversales au-dessus de la ligne latérale.

On ne connaît du genre qu'une seule espèce fossile, et M. Günther rapporte toutes les formes vivantes à une seule espèce. L'auteur du Catalogue of Fishes, critiquant les *Pomacanthus aureus*, paru. *balteatus*, *cingulatus*, *quinquecinctus* et *arcuatus*, dit: „Cuvier has established not less than six species for a single one(!)”

M. Günther ayant pu disposer de riches matériaux, puisqu'il cite plus de vingt individus de tout âge de son *Pomacanthus* paru, son opinion par rapport à l'identité spécifique des espèces cuviériennes doit avoir nécessairement une grande autorité. Aussi n'aurais-je pas douté de la justesse du rapprochement des espèces sus-nommées, si l'examen de deux individus de même taille de l'espèce supposée simple ne m'avait fait remarquer des caractères dont la valeur spécifique me semble ne pouvoir pas être sujette à de sérieux doutes.

Je fais suivre la description des deux espèces, en relevant d'avance les caractères qui me paraissent les plus indicatifs de la diversité spécifique.

- A. 85 à 90 rangées transversales d'écailles au-dessus de la ligne latérale. Environ 65 écailles sur une rangée horizontale entre le scapulaire et la caudale. Corps noirâtre ou brun-violet à deux bandelettes dorso-anales (âge non adulte).

1. *Chaetodon arcuatus* L.

B. 65 rangées transversales d'écaillés au-dessus de la ligne latérale. Environ 50 écaillés sur une rangée horizontale entre le scapulaire et la caudale. Corps orange-doré à une seule bandelette dorso-anale passant sous la partie apicale de la pectorale (âge non adulte).

2. *Chaetodon aureus* Bl.

Chaetodon arcuatus L., Mus, Ad. Frid. p. 61 tab. 33 fig. 5; Syst. Nat. ed. 10^a I p. 273; L. Gm., Syst. Nat. ed. 13^a p. 1243; Bonn., Ichth. p. 84; Bl., Ausl. Fisch. III p. 76 tab. 201 fig. 2; Bl. Schn., Syst. p. 218.

Chaetod. corpore rhomboideo, altitudine spinam ventralem inter et spinam dorsi anteriorem $1\frac{3}{4}$ ad $1\frac{7}{8}$ in ejus longitudine, latitudine 4 fere in diametro-dorsali (spinam ventralem inter et spinam dorsi 1^m); capite $4\frac{1}{3}$ ad $4\frac{2}{5}$ in longitudine corporis; linea rostro-nuchali sat obliqua nucha leviter convexa; oculis diametro 3 circ. in longitudine capitis, diametro 1 circ. distantibus; praeoperculo postice et inferne junioribus leviter denticulato aetate provectioribus edentulo, spina angulari oculi diametro brevior; squamis capite minimis, trunco non squamulatis, dorso lateribusque magnitudine inaequalibus et irregulariter seriatis, angulum aperturæ branchialis superiorem inter et basin pinnae caudalis in series 85 ad 90 transversas, infra lineam lateralem in series 80 ad 85 transversas dispositis; squamis 65 circ. in serie horizontali os scapulare inter et basin pinnae caudalis quarum 32 circ. in dimidio trunci anteriore; squamis serie transversa, 16 ad 18 initium lineae lateralis inter et spinam dorsi anteriorem, 14 circ. mediam curvaturam lineae lateralis inter et lineam dorsalem, 20 circ. regione axillo-postscapulari radium pectoralis inferiorem inter et lineam lateralem, 20 circ. spinam ventralem inter et radium pectoralis inferiorem; linea laterali tubulis plurimis bifidis notata; pinna dorsali spinosa dorsali radiosa duplo fere ad paulo plus duplo brevior, spina 1^a basi pectoralis opposita, spina postica capite non ad vix brevior; dorsali radiosa acuta postice convexa, radiis

2^o 3^o et 4^o vel (rarius) radiis 3^o 4^o et 5^o junioribus parum aetate provectoribus valde productis parte producta juxtapositione unitis; pectoralibus acute rotundatis capite non vel vix brevioribus; ventralibus acutis radio 1^o producto capite longiore spina capite absque rostro non brevior; anali spina 3^a capite absque rostro non brevior, parte radiosa forma dorsali radiosae aequali sed ea brevior; caudali convexa vel truncata capite vix brevior; colore corpore nigricante-violaceo vel fusco-violaceo; iride viridescente margine pupillari aurea; vittis utroque latere 5 transversis margaritaceis vel luteis; vitta prima gulo-rostrali labium superius cingente rostro et fronte impari; vittis sequentibus plus minusve curvatis convexitate antrorsum spectantibus; vitta 2^a nucho-operculo-ventrali nucha superne et mox ante ventrales cum vitta lateris oppositi continua vel subcontinua media altitudine oculi diametro minus duplo ad non graciliore; vitta 3^a dorso-anali a margine dorsalis radiosae anteriore descendente post medias pinnas pectorales decurrente et mox ante analem cum vitta lateris oppositi continua; vitta 4^a dorso-anali a radiis dorsalibus mediis descendente et mediam pinnam analem intrante; vitta 5^a caudali caudalis basin et margines superiorem et inferiorem cingente; pinnis fuscis vel violaceo-fuscis, pectoralibus dimidio apicali aurantiacis; caudali postice vulgo flavo marginata.

B. 6. D. 10/28 ad 10/30 (rarius 9/31). P. 2/17 ad 2/19. V. 1/5.

A. 3/23 vel 3/24. C. 1/15/1 et lat. brev.

Var. *a*. Spinae dorsi 10. Squamae trunco numerosae singulae striis 2 verticalibus anteriore nigricante rectiuscula posteriore subsemilunari margaritacea vel lutea. Vitta gulo-rostralis nucham non attingens. Caudalis convexa.

Var. *b*. Spinae dorsi 9. Squamae trunco numerosae singulae macula ovali nigricante. Vitta gulo-rostralis nucham adscendens. Vitta dorso-analis posterior mediis pinnis dorsali et anali desinens.

Syn. *Guaperva* et *Acarauna nigra zonis luteis distincta* Marcgr.

Brasil. p. 178; Will., Ichth. App. p. 23 tab. 0 fig. 3, 4.

Chaetodon niger capite diacantho lineis utrinque 4 trans-

versis curvis Art., Descr. pisc. p. 91, Synon. p. 79, Gen. p. 52; Seb., Thesaur. III p. 65 tab. 25 fig. 5^{a, b}.

Platiglossus n°. 4, 5 Klein, Miss. Pisc. IV p. 41.

Chaetodon ciliaris L., Mus. Ad. Frid. I p. 62 tab. 33 fig. 5.
(nec al. loc. nec Bl.)

Pomacanthus arcuatus Lac., Poiss. IV p. 518, 521; CV.,
Poiss. VII p. 158.; Scelet., Ag., Poiss. foss. IV tab. 6 fig. 2.

Pomacanthus quinquecinctus CV., Poiss. VII p. 157.

Chaetodon littoricola Poey, Synops. Pisc. Cub., p. 351.

Hab. Surinama; Haiti; Sancta Crux.

Longitudo 4 speciminum 112^m ad 165^m.

Rem. Je ne puis pas juger de la valeur comme espèce du *Chaetodon* paru Bl., mais il me semble qu'un examen nouveau, surtout par rapport à l'écaillage, est nécessaire avant qu'on ait le droit de la supprimer définitivement. On peut avoir une opinion plus arrêtée quant au *Pomacanthus cingulatus* CV., au moins si la figure (CV. Poiss. VII fig. 185) est exacte. Cette espèce présente les formes générales, la maculature et l'écaillage (je compte sur la figure environ 90 rangées transversales d'écailles) du *Chaetodon arcuatus*, mais elle n'a qu'une seule bandelette dorso-anale, la bandelette nucho-operculo-ventrale étroite, une bandelette transversale interoculaire et de nombreuses écailles du tronc marquées d'une tache jaunâtre. Si cette espèce n'est pas une variété de l'*arcuatus*, elle en est toutefois plus voisine que de l'*aureus*:

Chaetodon aureus Bl., Ausl. Fisch. III, p. 49 tab. 193 fig. 1;
Bl. Schn., Syst. p. 217; L. Gm., Syst. Nat. ed. 13^a p. 1254
Poey, Synops. Pisc. Cubens. p. 350, Enum. Pisc. Cub. p. 60
(nec Bonnat. nec Schl.).

Chaet. corpore subrhomboideo-ovali, altitudine spinam ventralem inter et spinam dorsi anteriorem $1\frac{1}{2}$ circ. in ejus longitudine, latitudine 4 fere in diametro dorso-ventrali; capite $4\frac{3}{4}$ circ. in longitudine corporis; linea rostro-nuchali parum obliqua nuchasat convexa; oculis diametro 3 circ. in longitudine capitis, diametro

1 circ. distantibus; praeoperculo postice conspicue inferne vix denticulato spina angulari oculi diametro brevior; squamis capite minimis, trunco plurimis basi squamulatis, dorso lateribusque magnitudine inaequalibus et irregulariter seriatis, angulum aperturæ branchialis superiorem inter et basin pinnae caudalis supra lineam lateralem in series 65 circ. transversas, infra lineam lateralem in series 60 circ. transversas dispositis; squamis 50 circ. in serie horizontali os scapulare inter et basin pinnae caudalis quarum 22 circ. in dimidio trunci anteriore; squamis serie transversa 12 circ. initium lineae lateralis inter et spinam dorsi anteriorem, 8 ad 10 mediam curvaturam lineae lateralis inter et lineam dorsalem, 16 circ. regione axillo-postscapulari radium pectoralis inferiorem inter et lineam lateralem, 20 circ. spinam ventralem inter et radium pectoralis inferiorem; linea laterali tubulis plurimis bifidis notata; pinna dorsali spinosa dorsali radiosa plus duplo brevior, spina 1^a angulo operculi opposita, spina postica capite paulo brevior; dorsali radiosa acuta postice convexa radiis 4^o 5^o 6^o et 7^o valde productis parte producta juxtapositione unitis; pectoralibus acute rotundatis capite vix brevioribus; ventralibus acutis radio 1^o producto capite longiore spina capite absque rostro non brevior; anali spina 3^a capite absque rostro brevior, parte radiosa forma dorsali radiosae aequali sed ea brevior; caudali truncata angulis acutiuscula capite brevior; colore corpore aureo vel aurantiaco; iride fuscescente-aurantiaca margine pupillari aurea; regione mento-gulari albida vel lutea; vittis (specimine descripto) flavis vel margaritaceis diffusiusculis 3, anteriore rostro-nuchali impari, 2^a nucho-praeoperculo-ventrali pupilla graciliore, 3^a dorso-anali ceteris latiore a spina dorsi posteriore descendente sub pectoralis tertia parte posteriore decurrente et supra vel vix ante anum desinente; trunco postice caudalique vittis nullis; squamis dorso lateribusque majoribus singulis macula oblonga transversa fuscescente; pinnis aurantiacis vel roseo-flavescentibus, ventralibus fuscescentibus, caudali postice dilutior.

B. 6. D. 9/32. P. 2/16. V. 1/5. A. 3/24. C. 1/15/1 et lat. brev.
Syn. *Chaetodon luteus* Bonn., Ichth. p. 88 tab. 92 fig. 381 (cop. ex Bl.)

Pomacanthus aureus Lac., Poiss. IV p. 518, 521; CV.,
Poiss. VII p. 151; Guér., Icon. Règn. anim. Poiss. tab. 23 fig. 2.
Pomacanthus balteatus CV., Poiss. VII p. 156?

Hab. India occidentalis.

Longitudo speciminis descripti 165^m.

Rem. Le *Chaetodon aureus* ne paraît jamais avoir plus de 9 épines dorsales. Son profil est moins oblique, approchant plus du vertical que celui de l'*arcuatus*. Les écailles du tronc y sont notablement plus grandes que dans l'*arcuatus* et ont la base écaillée. L'individu décrit présente exactement la même taille que le plus grand des spécimens que j'ai devant moi du *Chaetodon arcuatus*; et dans ce dernier les cinq bandelettes transversales nacrées ou jaunâtres sont encore très-nettement dessinées, tandis que celui de l'*aureus* n'en présente que trois, qui sont déjà plus ou moins diffuses. Les figures publiées de l'*aureus* n'en présentent pas du tout, mais elles ont manifestement été prises sur des individus plus âgés, et de celle publiée par Guérin Méneville il est même expressément dit qu'elle ne représente que le cinquième de la grandeur naturelle. Le *Pomacanthus balteatus* n'est manifestement que l'âge moins avancé de l'*aureus*.

Un examen nouveau des individus de *Pomacanthus* des Musées reste nécessaire pour mieux constater le degré de valeur des espèces de Cuvier et Valenciennes, mais je crois bien établies comme distinctes l'*arcuatus* et l'*aureus*. Le *quinquecinctus* me paraît sans aucun doute de l'espèce de l'*arcuatus*, et le *balteatus* identique avec l'*aureus*.

La valeur comme espèces des *Pomacanthus* paru et *cingulatus* CV. me paraît douteuse, mais s'ils ne représentent, le paru que l'état adulte de l'*arcuatus*, et le *cingulatus* qu'une variété de l'*arcuatus*, cette identité spécifique a besoin d'être plus rigoureusement démontrée.

SUR UNE MEILLEURE MÉTHODE
POUR FAIRE LES MESURES HÉLIOMÉTRIQUES

À L'OCCASION D'UN PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL.

PAR

J. A. C. OUDEMANS.

Lorsqu'il était question des mesures héliométriques qu'on pourrait faire à l'occasion du dernier passage de Vénus sur le soleil, on n'a généralement considéré que les mesures des distances de la planète aux points les plus rapprochés et les plus éloignés du bord du soleil. Les instructions données aux commissions scientifiques allemandes et dressées par MM. Auwers et Winnecke, ne mentionnent pas d'autre application de l'héliomètre.

Pour autant que je sache, M. Oppolzer a été le seul qui ait eu sur ce sujet une autre idée: celle de prendre les mesures héliométriques dans deux directions perpendiculaires entre elles et faisant d'un côté et d'autre des angles de 45° avec la ligne qui joint les centres de Vénus et du Soleil (*Séance de l'Académie Impériale des Sciences à Vienne du 28 Avril 1870*). En supposant que ces mesures aient été faites au même instant, on détermine par ce moyen non-seulement les distances des centres, mais aussi l'angle de position du centre de Vénus par rapport au centre du soleil. La position relative de ces deux centres entre eux est donc entièrement déterminée.

Ayant été invité par l'Académie des sciences à Amsterdam, à faire partie de la commission néerlandaise pour l'observation du

passage de Vénus à l'île de la Réunion, et ayant été chargé des mesures héliométriques, je me mis, quelques jours avant le passage, à faire un projet pour mes observations.

Après avoir réfléchi au système de M. Oppolzer, j'ai été porté à conclure que bien qu'il eût fait faire à la question un pas en avant, il était néanmoins possible de la résoudre d'une manière plus favorable. Car, quel est le but des observations qu'on a faites durant le passage de Vénus? Évidemment la détermination de la parallaxe relative de Vénus et du Soleil.

Mais cette parallaxe déplace la planète dans le sens du cercle vertical et nullement dans la direction du rayon du soleil, ni dans des directions faisant des angles de 45° avec ce rayon.

Dans la planche ci-jointe (Pl. XII) les fig. 1 et 2 ont été construites pour St. Denis de la Réunion, selon les données du Nautical Almanac; la fig. 1 donnant le phénomène par rapport au point Nord N. du Soleil, tandis que la fig. 2 le montre tel qu'il s'observait réellement, c'est-à-dire que dans cette figure la ligne VS représente le cercle vertical passant par le centre du soleil.

On voit dans cette figure que l'entrée de Vénus a eu lieu un peu à gauche du point le plus bas du disque solaire, et la sortie un peu au-dessus du point gauche du même disque.

Or il est clair que, si l'on se borne à mesurer les distances de la planète au bord le plus approché, c'est alors seulement au commencement du passage que les distances mesurées renferment un effet considérable de la parallaxe. Au milieu du passage, en M, cet effet est déjà diminué dans le rapport de l'unité au cosinus de 66° , c'est-à-dire comme 1 à 0,4, et au point N, lorsque Vénus a une hauteur égale à celle du centre du Soleil, il est nul.

Donc, à cette époque, la mesure de la plus courte distance entre les bords de Vénus et du Soleil pourra tout au plus servir de comparaison avec des mesures faites dans d'autres stations, mais dans l'équation de condition qu'elle donnera, le coefficient de la parallaxe sera zéro.

L'expédient proposé par M. Oppolzer sert à remédier à ce désavantage. Soit dans la fig. 3 V' le lieu de la planète Vénus sur le

Soleil, alors, au lieu de mesurer les distances EV' et $V'F$, on mesure AV' et VB , CV' et VD , l'on pourra par là calculer la position de Vénus par rapport au centre du soleil, c'est-à-dire la différence en ascension droite et en déclinaison des centres de ces deux corps célestes; mais pour cela il faut bien connaître les directions des deux cordes AB et CD , par rapport au cercle de déclinaison qui passe par V , ou, en d'autres termes, il faut que la correction du cercle de position de l'héliomètre soit bien exactement connue et que les verniers de ce cercle se laissent lire avec assez de précision.

La méthode que je propose et que j'ai employée à St. Denis, a l'avantage de n'exiger que deux mesures au lieu de quatre ¹⁾, et de fournir tout d'un coup l'équation au plus grand coefficient de la parallaxe, à égale exactitude du second membre de l'équation.

Soit, fig. 4, S le centre du soleil, V le centre géocentrique de Vénus, V' le centre apparent de Vénus; VV' est donc le déplacement de Vénus par la parallaxe relative.

Notons la par. hor. φ — la par. hor. $\odot \dots \pi$, et posons $z =$ la distance zénithale de V' , alors $VV' = \pi \sin z$, et c'est là l'effet total de la parallaxe. Or si l'on mesure par l'héliomètre les deux distances AV' et VB , leur différence renferme la double valeur de VV' , c'est-à-dire $2\pi \sin z$. Mais il y a un grave inconvénient à arranger les mesures de cette sorte. Si, en effet, Vénus se trouve si près du bord gauche ou droit, l'incertitude de la mesure croît en raison de la cosécante de l'angle HBI , ou bien de $\sec \omega$. L'équation donnée par cette mesure devra donc être multipliée par $\cos \omega$, pour la réduire au degré normal d'exactitude des mesures ordinaires faites par l'héliomètre.

Or supposons qu'au lieu de mesurer les distances AV' et BV' , on mesure les distances CV' , DV' , la différence des deux résultats $DV' - CV'$ sera

$$\begin{aligned} &= DF + FV' - (CF - FV') \\ &= 2FV'. \end{aligned}$$

¹⁾ Ou plutôt huit mesures au lieu de seize, comme le comprendront tous ceux qui savent comment ces mesures s'exécutent. On pourrait même dire, 16 au lieu de 32.

Menons par V la corde LVKM parallèle à CD, alors il est clair que si Vénus occupait sa place géocentrique V, les mesures de VL et VM donneraient de même 2KV. C'est aussi cette valeur qu'on trouve, si, partant des données empruntées aux éphémérides, on calcule VL et VM, en négligeant les parallaxes.

Nommons ζ l'angle entre le cercle vertical passant par V' et le rayon solaire V'S, et ψ l'angle entre la direction des mesures et le même rayon, alors la différence entre 2FV' qu'on a mesuré, et 2KV qu'on a calculé, sera égale à la double projection de VV' sur la corde CD, c'est-à-dire à $2\pi \sin z \cos(\zeta - \psi)$.

Si l'on calcule la valeur des distances mesurées, en employant les données nécessaires empruntées à une éphéméride astronomique et ayant égard aux parallaxes, et que l'on compare la valeur calculée de DV' - CV' avec la valeur observée, la différence sera le second membre d'une équation de condition où entrent les corrections de tous les éléments employés, et où le coefficient de $\partial\pi$ sera égal à $2 \sin z \cos(\zeta - \psi)$.

Pour réduire cette équation au degré normal d'exactitude des mesures de l'héliomètre, il faut la multiplier par $\cos CDS$ ou $\cos \chi$, de sorte que le coefficient de $\partial\pi$ sera

$$2 \sin z \cos(\zeta - \psi) \cos \chi.$$

Il s'agit maintenant de trouver la direction de la corde suivant laquelle les mesures seront le plus avantageuses.

Il est évident qu'à chaque instant il faut choisir cette direction telle que le produit... $\cos(\zeta - \psi) \cos \chi$ soit un maximum.

Pour suivre les diverses valeurs de ce coefficient, remarquons que si les mesures sont faites dans le sens du cercle vertical V'B, alors $\zeta - \psi = 0$ et $z = \omega$. Si cet angle surpasse 45° , le coefficient devient assez petit. En faisant tourner la direction des mesures vers la droite, ce coefficient devient plus petit, à cause de la multiplication par $\cos(\zeta - \psi)$, mais il devient plus grand dans une proportion beaucoup plus forte, à cause de la diminution de l'angle χ . Si la direction des mesures passe par le centre du Soleil, χ devient $= 0$, et $\cos \chi = 1$ atteint son maximum, mais

$\zeta - \psi$ a augmenté beaucoup, et au moment où cet angle est $= 90^\circ$, c'est-à-dire si l'on fait les mesures le long d'une corde horizontale, $\cos(\zeta - \psi)$ est égal à zéro, et passe à l'état négatif. Si l'on fait encore tourner la direction des mesures, il est évident que la valeur négative de $\cos(\zeta - \psi) \cos z$ croîtra, pour diminuer ensuite, et pour redevenir nulle, aussitôt que la direction nommée sera encore horizontale; donc si l'on fait parcourir à l'angle ζ toute la circonférence du cercle, le coefficient $\cos(\zeta - \psi) \cos z$ aura un maximum positif et un minimum négatif; mais puisque, dans le cas que nous considérons, des directions opposées se confondent, et qu'ainsi le maximum et le minimum nommés ont une égale valeur absolue, il n'y aura qu'une valeur de ζ correspondant au maximum du coefficient de π .

Dans l'expression $\cos(\zeta - \psi) \cos z$, ζ est connu; en effet, c'est l'angle que la ligne VS fait avec le cercle vertical en V'.

La figure donne

$$\zeta = p - 180^\circ - M'$$

ou

$$p = \text{l'angle parallactique NOB, } ^1)$$

$$\left. \begin{array}{l} M' = \text{l'angle V'SN} \\ m' = \text{la distance V'S des centres} \\ \text{apparents de Vénus et du Soleil} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{calculés par les} \\ \text{formules de M. Oppolzer.} \end{array}$$

Nous pouvons prendre pour inconnue l'un des deux angles ψ ou z .

Choisissons ψ , alors nous aurons

$$\sin z = \frac{m'}{R'} \sin \psi$$

ou, posant le quotient $\frac{m'}{R'} = \mu$,

¹⁾ Cet angle est pris dans le 3^{me} quart de cercle parce que la figure se rapporte à l'avant-midi à St. Denis. La latitude de ce lieu est australe ($20^\circ 51'.6$), tandis que le soleil culminait déjà, au 9 Décembre, au sud du zénith ($\delta = 22^\circ 49'$). Or lorsque l'angle horaire du soleil était à peu près 25° , l'angle parallactique passait au 4^{me} quart de cercle, pour passer au midi vrai dans le premier quart.

$$\sin x = \mu \sin \psi.$$

En différenciant l'équation $\cos(\zeta - \psi) \cos x$, on aura pour la condition du maximum :

$$\sin(\zeta - \psi) \cos x \partial \psi - \cos(\zeta - \psi) \sin x \partial x = 0$$

Or on a

$$\partial x = \mu \frac{\cos \psi}{\cos x} \partial \psi.$$

Substituant cette valeur dans l'équation précédente et multipliant par $\frac{\cos x}{\partial \psi}$, on aura

$$\sin(\zeta - \psi) \cos^2 x - \mu \cos(\zeta - \psi) \cos \psi \sin x = 0,$$

c'est-à-dire

$$\sin(\zeta - \psi) (1 - \mu^2 \sin^2 \psi) - \mu^2 \cos(\zeta - \psi) \cos \psi \sin \psi = 0.$$

La méthode la plus facile pour résoudre cette équation paraît être d'adopter $\tan \psi$ pour inconnue ; réduisant \sin et $\cos(\zeta - \psi)$, divisant par $\cos \zeta \cos^3 \psi$ et posant ensuite $\tan \zeta = a$, $\tan \psi = x$, on aura

$$(x - a) [1 + (1 - \mu^2) x^2] + \mu^2 (1 + ax) x = 0,$$

d'où l'on tire

$$x^3 + \frac{2\mu^2 - 1}{1 - \mu^2} ax^2 + \frac{1 + \mu^2}{1 - \mu^2} x - \frac{a}{1 - \mu^2} = 0.$$

C'est là l'équation qui fournira les valeurs de x , c'est-à-dire de $\tan \psi$.

On calcule cet angle pour des intervalles p. e. de 20 minutes, pour savoir à quel angle de position il faut, à chaque moment, fixer le cercle de position. Remarquons néanmoins que dans les héliomètres de Merz, cet angle est compté du Nord vers la gauche ; l'angle de position cherché sera donc l'angle NGV' , c'est-à-dire

$$p - 180^\circ - (\zeta - \psi) \text{ ou bien } M' + \psi.$$

A St. Denis, en partant des éléments du passage, tels qu'ils se trouvent dans le Nautical Almanac, et en me servant des formules de M. Oppolzer, j'ai trouvé d'abord

$$R' = 974'',99$$

sensiblement constant durant tout le passage, et ensuite:

Temps Moyen	<i>m'</i>	M'
18 ^h 10 ^m	940 ^o ,81	41° 32' 48"
30	905 ,93	36 54 58
50	877 ,33	31 56 25
19 10	855 ,67	26 39 43
30	841 ,56	21 8 49
50	835 ,43	15 29 16
20 10	837 ,53	9 47 25
30	847 ,82	4 9 57
50	866 ,07	358 43 7
21 10	891 ,84	353 31 53
30	924 ,55	348 40 0

Pour les mêmes moments l'angle parallactique et la distance zénithale du soleil furent trouvés:

Temps Moyen.	<i>p</i>	Z
18 ^h 10 ^m	252° 7' 40'	78° 13' 15"
30	253 43 50	73 48 52
50	255 15 37	69 22 22
19 10	256 43 46	64 54 18
30	258 9 5	60 24 24
50	259 32 16	55 53 0
20 10	260 54 3	51 20 48
30	262 15 24	46 47 14
50	263 37 18	42 12 50
21 10	265 1 3	37 37 50
30	266 28 39	33 2 9

Calculant ensuite les équations du troisième degré pour résoudre $x = tg \psi$, je trouvai

Temps Moyen.

18 ^h 10 ^m	$x^3 +$	7,396	$x^2 +$	28,0300	$x -$	8,5780	$= 0$
30	$x^3 +$	3,982	$x^2 +$	13,6400	$x -$	5,479	$= 0$
50	$x^3 +$	3,072	$x^2 +$	9,5150	$x -$	4,958	$= 0$
19 10	$x^3 +$	2,809	$x^2 +$	7,7020	$x -$	5,1975	$= 0$
30	$x^3 +$	2,962	$x^2 +$	6,845	$x -$	6,0423	$= 0$
50	$x^3 +$	3,621	$x^2 +$	6,524	$x -$	7,730	$= 0$
20 10	$x^3 +$	5,305	$x^2 +$	6,630	$x -$	11,151	$= 0$
30	$x^3 +$	9,956	$x^2 +$	7,201	$x -$	19,44	$= 0$
50	$x^3 +$	30,727	$x^2 +$	8,480	$x -$	53,15	$= 0$
21 10	$x^3 -$	158,98	$x^2 +$	11,249	$x -$	236,1	$= 0$
30	$x^3 -$	57,74	$x^2 +$	18,841	$x -$	72,31	$= 0$

Dont la solution, bien facile selon la méthode de Horner, donna

Temps Moyen.	$x = t g \psi$	ψ	$M' + \psi$
18 ^h 10 ^m	0,28394	15° 51' 5"	57° 23' 53"
30	0,36035	19 48 58	56 43 56
50	0,44713	24 5 27	56 1 52
19 10	0,54532	28 36 18	55 16 1
30	0,65558	33 14 50	54 23 42
50	0,77741	37 31 42	53 20 58
20 10	0,90846	42 15 12	52 2 37
30	1,04185	46 10 29	50 20 26
50	1,16484	49 21 17	48 4 24
21 10	1,25968	51 33 21	45 5 14
30	1,31112	52 40 3	41 20 3

Et ce sont là les angles de position, qui désignent la corde la plus favorable pour les moments marqués à côté.

Il y a encore à rechercher quelle sera l'erreur causée par une erreur donnée dans le point de zéro du cercle de position.

Les mesures des distances au point le plus rapproché ou le plus éloigné du bord solaire ont l'avantage d'être indépendantes de petites erreurs dans le zéro de ce cercle; au contraire, la méthode de M. Oppolzer et celle qui a été exposée ci-dessus ne le sont

pas, et tout dépend donc du degré d'exactitude que l'on peut atteindre dans la détermination du zéro susdit.

Le cercle de position de l'héliomètre de Merz était divisé de 15 en 15 minutes, et les verniers donnaient les minutes entières, mais j'ai réussi à déterminer le zéro de ce cercle avec une incertitude moindre qu'une demi-minute; cherchons donc quel sera l'effet d'une erreur d'une demi-minute dans le zéro du cercle de position. Évidemment, c'est $2 R' \sin 0',5 \sin \chi$, valeur qui, pour les époques indiquées ci-dessus, croît de $0'',075$ à $0'',215$.

Or la différence mesurée $V'D - V'C$ est égale à la parallaxe relative de Vénus, multipliée par $2 \sin z \cos (\zeta - \psi)$, et en divisant par ce facteur, nous trouvons qu'une erreur d'une demi-minute dans le zéro du cercle de position aurait amené, pour les moments des tables donnés ci-dessus, des erreurs de

$$\begin{array}{cccccc} 0',04; & 0',05; & 0',06; & 0',07; & 0',085; & 0',10; \\ 0'',12; & 0'',145; & 0'',175; & 0'',215; & 0'',28 \end{array}$$

dans la parallaxe relative de Vénus. On voit donc que dans les huit premières mesures cette erreur reste encore au-dessous de $0'',15$, mais il est très-probable que l'erreur du zéro du cercle de position pourra se déterminer avec une certitude d'un quart de minute, si seulement les verniers donnent ce quart, au lieu de la minute entière.

Je me suis encore demandé s'il n'était pas nécessaire de combiner avec les deux mesures de $V'D$ et $V'C$, deux autres dans une autre direction, p. e. perpendiculaire à la direction CD , mais je crois pouvoir conclure que ce n'est pas le cas. Il va sans dire qu'il n'arrive pas, comme nous l'avons supposé, que les mesures de $V'D$ et $V'C$ soient faites en même temps, mais cela n'a pas d'influence sur la considération théorique du procédé.

Or, ce qu'on chercherait à évaluer par les mesures dans le sens perpendiculaire à CD s'obtient déjà en partie par la somme de $V'D$ et $V'C$. Pour chaque mesure à part, il faudra former l'équation de condition (voir p. e. la communication de M. Puiseux, dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 29 Décembre

1873); et il faudra employer, soit les équations fournies par les $V'D$ et les $V'C$, à part, soit leurs sommes aussi bien que leur différences.

J'ai dit ci-dessus que la certitude avec laquelle j'ai réussi à déterminer le zéro du cercle de position était d'une demi-minute. Voici la méthode dont je me suis servi pour cette détermination.

L'héliomètre est garni de deux cercles de position; l'un est tout près de l'objectif, l'autre est gravé sur la pièce oculaire qui contient les fils d'araignée croisés.

D'abord je mettais l'un de ces fils dans la direction de la parallèle, aussi exactement que cela pouvait s'effectuer, ensuite je séparais les deux moitiés de l'objectif aussi loin que possible l'une de l'autre. Je mettais le cercle de position de l'objectif de manière que les deux moitiés fussent séparées à peu près dans la direction de la parallèle, et je dirigeais l'une des moitiés soit sur un objet terrestre, soit sur une étoile, soit même sur le bord du soleil. Par la manivelle de la vis sans fin, qui engrène dans le cercle de déclinaison, je portais l'objet aussi bien que possible sur le fil, mais le mouvement de cette vis n'était pas assez fin pour qu'on pût faire couvrir l'objet exactement par le fil. Je regardais donc avec attention la position de l'objet relativement au fil, par exemple un peu au sud, etc.

Alors, en tournant le télescope autour de son axe horaire, je regardais si l'image de l'objet donné par l'autre moitié de l'objectif suivait le fil de la même manière que l'avait fait la première image. Si par exemple la seconde image était un peu plus au sud, alors, par de petits coups, je donnais au cercle de position de l'objectif un mouvement à peu près d'une minute, dans le sens nécessaire pour diminuer le désaccord et je répétais l'expérience. Si cela ne suffisait pas, le cercle de position de l'objectif était tourné encore une fois, etc., jusqu'à ce qu'un accord parfait fût établi entre les chemins que la première et la seconde image de l'objet prenaient à travers le champ de la lunette.

En retournant à la première image, puis à la seconde, puis encore à la première, j'étais à même de juger si de petites différences remarquées étaient peut-être causées par un faible mouve-

ment de la lunette dans le sens du cercle de déclinaison, et aussi j'éliminais le mouvement en déclinaison du soleil, qui du reste était peu gênant, vu que nous étions en Décembre, et que le temps nécessaire pour amener l'autre image dans le champ de la lunette ne durait pas plus que quelques secondes.

Lorsque le point de zéro était déterminé dans l'une des deux positions des moitiés de l'objectif, il fallait recommencer dans l'autre position, et la moyenne des deux résultats était indépendante de la plus petite distance des centres optiques des deux moitiés.

Voici les résultats que j'ai obtenus en employant toujours le grossissement le plus fort, de 118 fois :

	Zéro	Différences avec la moyenne.	
29 Novembre	0° 1',3	— 0',2	Objet terrestre
1 Décembre	0 2,15	+ 0,65	Étoile
³ / ₄ »	0 1,175	— 0,325	Bord du Soleil
⁵ / ₆ »	0 1,2	— 0,3	Objet terrestre
⁶ / ₇ »	0 1,7	+ 0,2	Bord du Soleil
	<u>0 1'5</u>		

J'ai cru devoir traiter cette méthode un peu en détail, parce que la détermination du zéro est de la plus haute importance pour les mesures héliométriques, aussitôt qu'on ne se borne pas à mesurer des distances.

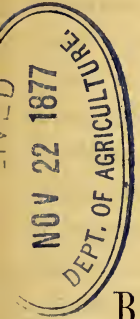
J'avais d'abord essayé une autre méthode, savoir, celle de porter la seconde image à la place où avait été la première, p. e. justement au fil, et cela en faisant tourner l'objectif par le pignon qui servait à ce but et dont la manivelle était près de l'oculaire. Alors il fallait prendre la moitié arithmétique des indications du cercle de position avant et après chaque détermination; mais je ne tardai pas à éprouver que le pignon qui engrenait dans le cercle denté au-dessus du cercle de position de l'objectif était beaucoup trop grossier, et que par conséquent les zéros déterminés de cette manière étaient beaucoup trop inexacts; les résultats présentaient des différences de cinq minutes et plus. C'est alors que j'essayai la méthode décrite ci-dessus, qu'on pourrait nommer une méthode de tâtonnement.

601

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.



DESCRIPTION

DE LA

BOUSSOLE D'INTENSITÉ,

PAR

F. J. STAMKART.

La Boussole, comme tout le monde sait, sert à marquer la route suivie par le navire, et cet emploi est fondé sur la propriété de l'aiguille aimantée de se diriger toujours vers un point déterminé de l'horizon, naturellement lorsqu'elle est libre de se mouvoir dans un plan horizontal. Le point de l'horizon vers lequel l'aiguille se tourne est ordinairement plus ou moins rapproché du Nord ou du Sud, et s'appelle en conséquence le Nord ou le Sud magnétique. L'arc de l'horizon, compris entre le Nord ou le Sud vrai et le Nord ou le Sud magnétique, est la déclinaison de l'aiguille ou de la boussole.

Lorsqu'il y a beaucoup de fer à bord, surtout s'il se trouve dans le voisinage de la boussole, ou lorsque le bâtiment tout entier est en fer, l'aiguille aimantée ne marque plus régulièrement le Nord magnétique, ni quelque autre point fixe de l'horizon, mais elle se tourne vers des points différents, qui dépendent des différentes directions ou routes du navire; la différence entre l'indication de la boussole dans ce cas-ci et dans le cas précédent est la *dévi*ation,

produite par ce qu'on nomme l'attraction locale. C'est à cela qu'on se borne ordinairement; on ne prend en considération, comme résultat de l'attraction locale, que cette différence de direction, mais on ne tient aucun compte de la variation de la force par laquelle l'aiguille est dirigée; et pourtant il ne peut pas y avoir de déviation de l'aiguille, sans qu'en même temps la force, qui la dirige, varie avec les différents caps sous lesquels on navigue. Cette relation est telle, que, s'il existe des déviations, l'aiguille, pour des caps différents, doit nécessairement aussi être dirigée par des forces différentes; et réciproquement, lorsque la boussole est dirigée par une force continuellement variable suivant les caps du navire, il doit nécessairement y avoir des déviations.

Pour juger si la force directrice a varié, on n'a qu'à observer la rapidité plus ou moins grande avec laquelle l'aiguille revient à sa position d'équilibre, lorsque, après avoir été dérangée de cette position par une cause quelconque, elle est abandonnée à elle-même. Si pour un certain cap l'aiguille de la boussole revient au nord plus vite que pour un autre cap, après qu'elle en a été écartée dans les deux cas d'une même quantité, par exemple de 4 rumb, elle aura été dirigée dans le premier cas par une force plus grande que dans le second. Cette expérience pourrait déjà être suffisamment exacte pour apprécier les différentes intensités de la force directrice, si le frottement de la chape, ainsi que la résistance de l'air dans la cuvette, n'entravaient pas tant les mouvements de l'aiguille.

La boussole d'intensité est destinée à indiquer les variations que subit la force avec laquelle l'aiguille aimantée est orientée vers le nord et le sud, — par conséquent aussi à faire connaître s'il y a des déviations, — sans le secours de l'observation du Soleil, ou, en général, sans relèvements. Dans un Mémoire publié par l'Académie royale des sciences ¹⁾, j'ai donné la théorie de cette

¹⁾ *Theorie van het Intensiteits-kompas, en van zijn gebruik op ijzeren en houten schepen*, dans: *Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, Amsterdam, t. VII, 1859.

boussole, indiqué succinctement la manière de s'en servir, et développé les formules au moyen desquelles on peut calculer les déviations lorsque la boussole d'intensité a été observée. Ici je veux seulement donner la description de cet instrument, avec l'exposition élémentaire des principes sur lesquels il repose. Je désire qu'on en fasse l'essai à la mer, non pour savoir si la théorie est assez exacte (à cet égard il n'y a pas de doute), mais pour décider si l'observation de l'instrument peut se faire avec une précision suffisante sur un navire en mouvement.

Qu'on se figure deux boussoles placées l'une au-dessus de l'autre, et dont les cuvettes et les boîtes ne soient pas trop hautes, de façon que les aiguilles, assez rapprochées, se fassent dévier mutuellement du méridien magnétique; on aura une boussole d'intensité. En supposant qu'on puisse voir par en haut les deux roses des vents, la position des aiguilles sera telle qu'elle est représentée dans la fig. 1 (Pl. XIII). L'une des aiguilles déviara à l'ouest, l'autre au contraire à l'est. La raison pour laquelle les aiguilles prennent cette position est facile à concevoir. On sait que les pôles *de même nom* de deux aiguilles aimantées se repoussent, et que les pôles *de nom contraire* s'attirent. Les deux pôles nord, tant A que B, sont attirés vers le nord, tandis que les deux pôles sud C et D sont attirés vers le sud; mais A repousse B, et D repousse C; d'un autre côté, A attire C, et B attire D; toutes ces forces concourent donc pour éloigner l'un de l'autre et du méridien les pôles A et B, C et D, c'est-à-dire, pour produire un effet précisément opposé à celui de la force qui tend à diriger les aiguilles vers le nord et vers le sud. Les aiguilles prendront donc une position telle, que les forces contraires se fassent équilibre. Si les deux aiguilles AB et CD sont aimantées avec la même force, elles feront des angles *égaux* AMN et BMN avec le méridien, l'une à l'ouest, l'autre à l'est. Si les forces magnétiques des aiguilles sont *inégaux*, les angles AMN et BMN seront aussi *inégaux*, et l'aiguille *la plus forte* fera l'angle *le plus petit* avec la ligne nord-sud, NS.

Si nous supposons maintenant que la force magnétique, par

laquelle les pôles des aiguilles sont attirés vers le nord et vers le sud, augmente, il en résultera, comme il est facile de le voir, que l'angle AMB compris entre les aiguilles deviendra plus petit. Si au contraire la force magnétique diminuait, l'angle AMB devrait devenir plus grand. On voit donc qu'il existe un rapport intime entre la force qui tend à diriger les aiguilles suivant la ligne N—S et l'angle AMB de ces aiguilles, de sorte que la grandeur de cet angle peut servir à mesurer l'intensité de la force en question.

Il suit de ce qui précède, que l'angle des aiguilles ne peut pas avoir la même grandeur en tous les points de la surface terrestre, car la force magnétique, par laquelle la boussole est orientée, est différente dans des lieux différents; c'est là un fait bien connu, mais qu'on n'observe pas à bord, parce que la boussole ordinaire indique seulement la *direction*, mais non l'*intensité* de la force magnétique terrestre. La force qui donne à l'aiguille aimantée sa direction atteint en général sa valeur maximum près de l'équateur magnétique, c'est-à-dire au voisinage de l'équateur terrestre, et à partir de là elle décroît tant vers le nord que vers le sud, jusqu'aux pôles magnétiques, où elle devient tout à fait *nulle*. Cette variation de la force magnétique horizontale est liée étroitement à l'inclinaison de l'aiguille aimantée, sans en dépendre *uniquement*, mais elle est indépendante de la déclinaison. Si la boussole d'intensité était emportée à bord d'un navire, l'angle compris entre les aiguilles serait donc, près de la ligne équatoriale, plus petit qu'il ne l'est ici, mais, à des latitudes plus élevées que la nôtre, il serait en général plus grand.

La boussole d'intensité fait aussi connaître la *direction* du nord magnétique, et elle peut servir tout aussi bien que la boussole ordinaire, mais d'une manière moins directe, à déterminer la route du navire. Si les deux aiguilles sont de force égale, le nord est situé juste au milieu entre les deux pointes A et B, et on n'a donc qu'à compter à partir de ce *milieu*, comme si là se trouvait le nord d'une rose des vents. Lorsque les deux aiguilles ne sont pas de même force, la plus forte, ainsi que nous l'avons déjà dit, fait le plus petit angle avec la ligne nord-sud, et on a alors,

quelle que soit la grandeur de l'angle AMB, la relation simple :

$$\sin AMN : \sin BMN = \text{un rapport constant.}$$

On n'a donc qu'à déterminer ce rapport une fois pour toutes.

Soient $AMN = \varphi'$ l'angle le plus grand et $BMN = \varphi$ l'angle le plus petit, et supposons que le rapport constant, dont il vient d'être question, soit représenté par le quotient $1 + \alpha : 1 - \alpha$, α étant un nombre constant; on a alors :

$$\sin \varphi' : \sin \varphi = 1 + \alpha : 1 - \alpha,$$

d'où l'on déduit facilement :

$$\text{tang } \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi) = \alpha \times \text{tang } \frac{1}{2} (\varphi' + \varphi),$$

en termes ordinaires, *la tangente de la demi-différence des deux angles est égale à une fraction constante de la tangente de la demi-somme des angles, c'est-à-dire, de la moitié de l'angle AMB des aiguilles.* En ajoutant la *demi-différence* au *demi-angle* AMB, on a le plus grand des deux angles, φ' , et en retranchant la *demi-différence* du *demi-angle* AMB, on obtient le plus petit angle, φ .

Pour observer séparément les angles AMN et BMN, on procède ainsi: soit à la main, soit en faisant usage d'un petit barreau aimanté ou d'un morceau de fer ou d'acier (un couteau, par exemple), on change les *positions* des aiguilles, de manière que l'aiguille qui déviait d'abord à l'est dévie maintenant à l'ouest, et que celle qui se trouvait à l'ouest vienne se placer à l'est, en d'autres termes, que la pointe A vienne du côté de B et la pointe B du côté de A; cela fait, on abandonne de nouveau les deux roses à elles-mêmes. Lorsqu'elles seront revenues au repos, la *moitié* de la différence des positions de A sera l'angle AMN, et la *moitié* de la différence des positions de B sera l'angle BMN.

On trouve ainsi par l'observation les angles φ' et φ , chacun à part, et on peut alors calculer

$$\alpha = \frac{\text{tang } \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi)}{\text{tang } \frac{1}{2} (\varphi' + \varphi)}.$$

Naturellement, il sera bon de répéter plusieurs fois cette observation préliminaire, afin d'obtenir le nombre α avec plus de précision.

L'angle entre les aiguilles AD et BC, fig. 2, change aussi lorsqu'on les rapproche ou les éloigne davantage l'une de l'autre. Si elles se rapprochent, l'angle devient plus grand; si elles sont écartées, l'angle devient plus petit. La figure représente deux roses de compas placées l'une au-dessus de l'autre. Les pivots sur lesquels les aiguilles reposent par leurs chapes sont fixés à deux bras en cuivre; ces bras sont portés par une tige en cuivre verticale GH, le long de laquelle on peut les faire glisser, soit au moyen de vis, soit simplement à la main. Cette tige est divisée en millimètres, et les bras sont pourvus de verniers, qui permettent de lire la distance des aiguilles à un dixième de millimètre près. Supposons maintenant que les roses soient placées l'une au-dessus de l'autre à une distance aussi grande que possible; cette distance pourra être telle que *les deux aiguilles* marquent encore le nord, tout comme si elles n'exerçaient absolument aucune influence l'une sur l'autre. Ceci, il est vrai, n'est pas entièrement le cas, mais l'influence est trop petite pour faire dévier les aiguilles, et par suite on n'en voit aucun effet. Si alors on rapproche de nouveau les roses, il viendra d'abord une distance où les aiguilles seront sur le point de dévier; un peu plus près encore, et elles feront déjà un angle très sensible l'une avec l'autre. Une circonstance fortuite détermine laquelle des deux aiguilles va à l'est, laquelle se place à l'ouest. Continue-t-on à rapprocher les aiguilles, les écarts augmentent de plus en plus; pour l'aiguille la plus forte, jusqu'à un certain angle de déviation *maximum*, qui reste toujours inférieur à 90° ; pour l'aiguille la plus faible, jusqu'à 180° . Le plus grand angle, que les aiguilles puissent ainsi faire entre elles, est de 180° . Du moment, en effet, que l'aiguille la plus forte a acquis sa déviation maximum, moment où la plus faible est dirigée précisément à l'est ou à l'ouest, elle rétrograde vers le nord, tandis que l'aiguille la plus faible dévie de plus en plus, en passant par l'est ou par l'ouest (suivant que la déviation de cette aiguille

a été orientale ou occidentale); au moment où l'aiguille la plus forte marque de nouveau le *nord*, la plus faible sera *entièrement* renversée et aura par conséquent sa pointe tournée vers le sud. Si l'on diminue encore davantage la distance des roses, cela n'amène, aucun changement ultérieur dans la direction des aiguilles, en vint-on même à superposer celles-ci directement et à les faire tourner sur une même chape. Les aiguilles ne constitueraient plus, dans ce cas, qu'une aiguille unique, qui toutefois serait très faible, d'autant plus faible que les deux aiguilles différeraient moins en force.

Si les aiguilles étaient *parfaitement* égales en force, ce qui serait un cas très exceptionnel, les angles de déviation de l'une et de l'autre devraient aussi être toujours égaux; chacune des aiguilles dévierait alors tout au plus de 90° , et par conséquent, à cette distance, elles se trouveraient de nouveau dans des directions opposées, l'une à l'est, l'autre à l'ouest; à des distances plus petites, toutefois, les deux aiguilles, tout en demeurant ainsi opposées l'une à l'autre, cesseraient d'indiquer le N. ou le S., ou quelque autre rumb, mais resteraient indifférentes dans toutes les directions.

On peut se représenter d'une manière très simple la marche de ces phénomènes, en construisant un triangle ABC, fig. 3, dont le côté AB ait une longueur quelconque, mais dont les deux autres côtés, AC et BC, soient entre eux dans le rapport fixe que nous avons trouvé ci-dessus, celui de $1 + \alpha : 1 - \alpha$. Si alors $\angle ABC = \varphi'$ est l'angle de déviation de l'aiguille la plus faible, opposé dans le triangle au plus long des deux côtés AC et CB, l'angle $\angle CAB = \varphi$ sera la déviation de l'aiguille la plus forte, et l'angle extérieur DCB sera l'angle AMB (fig. 1) des deux aiguilles. On voit que dans la figure on a en effet: $\sin \angle ABC : \sin \angle CAB = AC : BC = 1 + \alpha : 1 - \alpha$. On sait aussi que si l'on décrit sur une même base AB une série de triangles, dont les côtés latéraux soient tous dans *le même* rapport $1 + \alpha : 1 - \alpha$, les sommets C, C', etc. se trouvent tous sur la circonférence d'un demi-cercle, qui commence en un point E, où les distances AE et BE sont

aussi entre elles comme $1 + \alpha : 1 - \alpha$, et qui finit en un autre point E' de la ligne AB prolongée au-delà de B , où l'on a de nouveau : $AE' : BE' = 1 + \alpha : 1 - \alpha$. En traçant un pareil demi-cercle, dont le centre se trouve sur le prolongement de AB , à égale distance des points E et E' , on se fait une idée claire et complète de la marche des angles des aiguilles, depuis le moment où les aiguilles marquent encore toutes deux le nord (lorsqu'on place le sommet C en E), jusqu'au moment où l'angle φ , en A , est de nouveau devenu nul, et l'angle φ' , en B , égal à 180° (lorsqu'on met le sommet C en E').

Pour que la boussole d'intensité puisse servir, il faut donc que la distance des aiguilles soit intermédiaire entre celle où *les deux* aiguilles marquent le nord, et celle, plus petite, où l'aiguille la plus forte est tournée vers le *nord* et l'aiguille la plus faible vers le *sud*. L'intervalle, ou la différence entre ces distances extrêmes, est moindre lorsque l'intensité horizontale du magnétisme terrestre est plus grande, que lorsque cette intensité est plus faible : moindre, par exemple, aux Indes orientales qu'ici en Hollande. Cet intervalle est aussi plus petit lorsque, toutes choses égales d'ailleurs, les aiguilles diffèrent davantage en force magnétique, et il devient plus grand à mesure que, sous ce rapport, les aiguilles se rapprochent de l'égalité. Si l'une était une petite aiguille très faible, l'autre une aiguille très forte, à peu près comme dans la boussole de Walker (sur laquelle nous reviendrons plus loin), on ne pourrait guère obtenir d'autres positions que celles-ci; ou bien les deux aiguilles au nord, ou bien l'aiguille faible entièrement renversée et par conséquent au sud, ainsi que cela a effectivement lieu dans la boussole de Walker.

Pour pouvoir calculer, au moyen de la valeur observée de l'angle des aiguilles, l'intensité de la force magnétique horizontale à bord du navire, il faut commencer par faire avec notre boussole une série d'observations à terre, en dehors de toute influence de forces magnétiques perturbatrices. Ces observations préliminaires servent à trouver les nombres constants qui se rapportent à chaque couple particulier d'aiguilles. Cette détermination une

fois faite, il est facile de construire d'avance une petite table, dans laquelle, pour une ou pour plusieurs distances verticales des aiguilles, et pour tout angle AMB de ces aiguilles, on trouve immédiatement, sans aucun nouveau calcul, l'intensité i pour le lieu de l'observation. Une des constantes, dont il s'agit ici, nous est déjà connue; c'est le nombre α , dont dépend la différence des angles AMN et BMN . Une deuxième grandeur constante est la distance moyenne des pôles magnétiques des aiguilles aux centres de ces aiguilles. Dans toute aiguille de boussole, ou en général dans tout barreau aimanté, on admet, comme chacun sait, l'existence de deux pôles, un pôle nord et un pôle sud, dans lesquels, en tant qu'il s'agit des actions extérieures exercées à une certaine distance, on peut regarder comme en quelque sorte réunies les forces magnétiques, de sorte que les pôles de même nom de deux barreaux différents se repoussent, et que les pôles de nom contraire s'attirent. Il est bien connu que cette manière de se représenter les choses n'est pas tout à fait conforme à la réalité, que des forces magnétiques partent plutôt de *chaque* point d'un barreau aimanté, quoique d'ailleurs en proportion rapidement croissante du centre vers les extrémités. Mais la supposition, que les forces émanent seulement de deux points, est suffisamment exacte pour servir de base à l'établissement des formules qui sont nécessaires pour calculer, au moyen de l'angle observé des aiguilles, l'intensité du magnétisme. Ces deux points ou pôles ne se trouvent pas aux extrémités mêmes des aiguilles, mais un peu en deçà, de sorte que la longueur L , la seconde grandeur constante dont nous avons besoin, est un peu plus petite que la *demi*-longueur des aiguilles. Nous admettons que cette longueur L est la même pour les deux aiguilles AC et BD de la boussole, attendu que ces aiguilles doivent être de dimensions égales et, autant que possible, de pouvoir égal.

La troisième et dernière grandeur constante, qui doit être déterminée pour chaque boussole d'intensité, est la *somme* des *moments magnétiques* des deux aiguilles; nous représenterons cette somme par A .

Soit, enfin, h la distance verticale des deux aiguilles; l'intensité de la force magnétique horizontale sera trouvée à l'aide du système suivant de formules:

$$\begin{aligned}
 r^2 &= h^2 + 2L^2 \dots\dots\dots 1 \\
 u &= \left(\frac{L^2}{r^2}\right) \cos. (\varphi + \varphi'). \dots\dots\dots 2 \\
 \sec. z &= \frac{1}{2\sqrt{(1+2u)^3}} + \frac{1}{2\sqrt{(1-2u)^3}} \dots\dots\dots 3 \\
 \cos. \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) &= \alpha \text{ tang. } \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi) \dots\dots\dots 4 \\
 &= \frac{\cos. \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi)}{\cos. \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) \cos. z} \dots\dots\dots 5
 \end{aligned}$$

u et z sont deux grandeurs numériques, servant à faciliter le calcul. Pour la démonstration de ces formules, je renvoie au Mémoire, déjà cité, qui a été publié par l'Académie royale des sciences.

De ces six formules, celle du n° 3 est la plus embarrassante pour le calcul. Afin d'obvier à cet inconvénient, j'ai dressé une petite table que je joins à cette Notice, et dans laquelle on peut trouver immédiatement l'angle z lorsque le nombre u est donné. Dans cette table, z est donné jusqu'aux dixièmes de degré, et pour trouver z avec ce degré d'exactitude, il faut donner u avec 5 décimales. Le calcul du n° 3 est donc supprimé. En outre, plus, on a choisi une hauteur déterminée h , à laquelle les deux roses restent placées l'une au-dessus de l'autre, et si l'on a construit une petite table faisant connaître pour chaque angle $\frac{1}{2}(\varphi' + \varphi)$ la différence $\frac{1}{2}(\varphi' - \varphi)$, on n'a à calculer qu'une fois pour toutes $\frac{L^2}{r^2}$ et $\frac{A}{r^3}$; le reste du calcul d'une intensité se présente alors de cette manière:

Calculez $u = \frac{L^2}{r^2} \times \cos(\varphi' + \varphi) \dots\dots\dots (2)$

Cherchez l'angle z , dans la Table donnée plus loin.

Cherchez (ou calculez, si cela n'a pas été fait d'avance) l'angle $\frac{1}{2}(\varphi' - \varphi)$.

Enfin calculez $i = \frac{A}{r^3} \times \frac{\cos \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi)}{\cos \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) \cos z} \dots \dots \dots (5)$

Les calculs (2) et (5) peuvent aussi être faits facilement d'avance, de sorte qu'alors on trouve directement, dans une Table, l'intensité correspondant à un angle observé des aiguilles, $AMB = \varphi' + \varphi$. Il faut encore remarquer que dans le calcul (2) il n'y a pas à tenir compte du signe de u ; que u soit $+$ ou $-$, on obtient la même valeur de z .

Un exemple numérique éclaircira la marche à suivre.

Supposons que pour un couple d'aiguilles on ait :

Distance des pôles au centre des aiguilles $h = 0,8$ décim.

Rapport de la somme des moments

magnétiques des aiguilles à la différence de ces moments, $= 0,06165$

Somme des moments magnétiques des aiguilles

à la distance de 1 décim. $\dots \dots \dots A = 7,9682^1)$

Ces aiguilles étant à une distance de $\dots 1,65$ décim., on a observé entre les aiguilles un angle $\varphi' + \varphi = 55^\circ,5$.

On veut trouver, à l'aide de ces données, l'intensité du magnétisme horizontal.

Ord on a, — une fois pour toutes, — $L^2 = \frac{0,3962}{0,7938}^2$

Log. $A = 0,90136$

$h^2 = 2,7225$

Log. $r^3 = 0,81913$

Somme $r^2 = 3,5163$

Log. $\left(\frac{A}{r^3}\right) = 0,08223$

Log. $L^2 = 9,59868$

Log. $r^2 = 0,54609$

et Log. $\alpha = 8,78993$

Log. $\left(\frac{L}{r}\right)^2 = 9,05259$

¹⁾ Les unités dans ce nombre sont, quant à la longueur, le décimètre, et quant à la force magnétique, l'intensité horizontale du magnétisme terrestre à Amsterdam. Si l'unité de longueur est prise n fois plus longue ou plus courte, A doit être pris n^3 fois plus grand ou plus petit.

Ensuite on trouve, pour l'angle $\varphi' + \varphi = 55^{\circ} 30'$:

$$\begin{aligned} \text{Log.} \left(\frac{L}{r}\right)^2 &= 9,05259. \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi) = 27^{\circ} 45' \text{Log.tang} = 9,72109 \\ (\varphi' + \varphi) = 55^{\circ} 30' \text{cos.} &= 9,75313 & \text{Log. } \alpha &= 8,78993 \\ \text{Log. } u &= 8,80572 & \text{Log. } (\varphi' - \varphi) &= 8,51102 \end{aligned}$$

$$u = 0,06393$$

$$\frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) = 1^{\circ} 51' \text{Log.cos} = 8,99977$$

Conduisant à $z = 14^{\circ} 9',5$ $\text{Log.} \dots = 9,657$

$$\text{Log. cos } \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi) = 9,4694$$

$$9,96060$$

$$\text{Log.} \left(\frac{A}{r^3}\right) = 0,08223$$

$$i = 1,1035$$

$$\text{Log. } i = 0,04283$$

L'intensité qui correspond à l'angle $55^{\circ},5$, formé par ces aiguilles, est donc au moins $1\frac{1}{10}$ fois celle du magnétisme terrestre horizontal à *Amsterdam*. On voit que, en répétant cette opération un certain nombre de fois, il est facile d'obtenir une petite table de $\frac{1}{2}(\varphi' - \varphi)$ et de i , pour une hauteur déterminée h entre les deux aiguilles. Il sera utile, en ce qui concerne i , de calculer une pareille table pour 2 ou 3 distances différentes.

L'intensité i , que nous avons trouvée, a pour unité la force horizontale du magnétisme terrestre à *Amsterdam*, parce que, pour la boussole d'intensité prise comme exemple, la grandeur constante A a été déterminée, de même que les deux autres L et α , à *Amsterdam*; quant à ces dernières, elles sont, comme leur signification l'indique, indépendantes du lieu d'observation. Si la détermination des grandeurs constantes avait été faite ailleurs, par exemple à *Londres*, ou encore plus loin d'ici, à *Batavia*, on aurait certainement trouvé pour A un nombre différent, et d'autant plus petit que l'intensité horizontale de la force magnétique terrestre aurait été plus grande en ce point. La boussole d'intensité

ne donne donc pas la valeur *absolue* de l'intensité des forces magnétiques, mais seulement la valeur *relative*; la mesure, dans laquelle cette intensité est exprimée, est toujours l'intensité horizontale de la force magnétique terrestre du lieu où la constante *A* a été déterminée. Dans les limites peu étendues de notre pays, ces mesures ne diffèrent toutefois pas beaucoup. En prenant pour *unité* l'intensité à *Amsterdam*, celle de *Rotterdam*, par exemple, est = 0,994, d'après les observations de M. E. Quetelet.

Il est évident aussi, que, si les aiguilles aimantées perdent quelque peu de leur force, ainsi qu'il arrive ordinairement, cela doit entraîner un changement correspondant de *A*, et que si cette diminution de force ne se fait pas d'une manière proportionnelle pour les deux aiguilles, le rapport α changera également. Il est donc nécessaire de manier les aiguilles avec quelque soin, et surtout *d'éviter*, si elles sont placées dans une même boîte, que les pôles de *même nom* ne soient rapprochés l'un de l'autre, fût-ce même pour un temps très court; il faut toujours, dans ce cas, que les aiguilles se regardent par les pôles de *nom contraire*. On doit aussi les préserver de tout choc, par exemple, ne pas les laisser tomber; ne pas les exposer aux rayons du soleil, qui les échaufferaient fortement, etc. Moyennant ces précautions très simples, la diminution de force, éprouvée par des aiguilles faites d'acier bien trempé, est généralement très petite, et d'autant plus petite, qu'il s'est déjà écoulé un temps plus long depuis la dernière aimantation. Du reste, le voyage achevé, les grandeurs constantes peuvent facilement être déterminées de nouveau, et quant à l'usage à bord, pour trouver les déviations de la boussole, il importe assez peu, ainsi que nous le verrons plus loin, que les forces magnétiques des aiguilles soient légèrement modifiées.

Ayant ainsi exposé brièvement les principes sur lesquels repose la mesure de l'intensité horizontale au moyen de la boussole d'intensité, et avant de passer outre et d'expliquer aussi comment il se prête à la détermination des déviations, je vais faire connaître un peu plus en détail l'instrument lui-même, tel que je l'ai fait construire. Peu de mots suffiront à cette description.

Les fig. 1 et 2 représentent déjà ce qu'il y a d'essentiel dans le système.

Tout ce qu'il y avait encore à faire, c'était d'enfermer les deux roses, fig. 2, dans une cage, pour les mettre à l'abri des mouvements de l'air, d'appliquer une disposition permettant d'en lire les indications, enfin, de soigner que, malgré les oscillations du navire, les centres restassent l'un au-dessus de l'autre. Ces conditions peuvent être remplies de différentes manières; la fig. 4 montre comment je les ai réalisées. AB, CD, EF, GH sont quatre montants en bois, réunis supérieurement et inférieurement par des cadres en cuivre, de forme carrée. Entre ces montants sont engagées, dans des rainures, quatre vitres, une de chaque côté; au bas il y a un fond en bois, et en haut le tout est couvert d'un carreau de verre. A côté ou à l'intérieur du montant en bois AB est fixée la tige en cuivre de la fig. 2, qui porte les deux bras; avec les pivots sur lesquels doivent tourner les roses. Cette tige et les vis qui servent à faire monter ou descendre les bras sont cachés par une petite porte en cuivre AB, qui a la forme d'un tiroir posé debout, le fond en dehors. Pour la symétrie, le montant GH est recouvert d'un tiroir en cuivre tout pareil, mais qui ne s'ouvre pas. Sur chacune des vitres latérales, suivant leur milieu, est tracé un trait au diamant, et sur le verre supérieur est tracée une croix. A chacun de ces traits on peut faire la lecture tant de la rose inférieure que de la rose supérieure, en portant le regard successivement sur l'une et sur l'autre. A bord toutefois, et le navire se mouvant, il faudra choisir autant que possible les instants où il ne tourne pas sur lui-même, et alors observer rapidement, l'une après l'autre, les indications des deux roses. La lecture peut aussi être faite par deux observateurs, regardant, le long de traits différents, l'un la rose inférieure, l'autre la rose supérieure, et notant simultanément, à un signal donné, les deux positions. Mais l'instrument permet, en outre, à un seul observateur de voir, à la fois, des divisions placées verticalement l'une au-dessus de l'autre. Pour cela, on y a adapté un petit miroir L et, à courte distance, une lunette M, et la rose d'en haut porte des divisions

aussi bien à sa face inférieure qu'à sa face supérieure. Le miroir L, mobile autour d'un axe, peut être placé de façon qu'on y voie par réflexion les divisions de la face inférieure de la rose d'en haut, en même temps qu'on voit directement les divisions de la face supérieure de la rose d'en bas. De cette manière, on peut observer simultanément, par rapport au même trait, les divisions correspondantes de la rose *supérieure* et de la rose *inférieure*. Si, par suite d'un mouvement de rotation du navire, les chiffres des divisions qui arrivent au trait croissaient ou décroissaient, les chiffres de l'autre rose, qui viennent se placer en face du trait, croîtraient ou décroîtraient d'une quantité *égale*, de sorte que la différence des nombres resterait la même.

La condition, à laquelle doivent satisfaire les traits tracés sur les quatre vitres et servant à la lecture, est qu'ils soient parallèles à la ligne joignant les deux pivots sur lesquels tournent les roses, ou, du moins, que chacun d'eux soit exactement situé dans un plan passant par ces deux pivots. Il est facile de s'assurer si cela a lieu: on n'a qu'à se placer à quelque distance, et à voir si le trait peut cacher *simultanément* à la vue les *deux* pivots. Cet examen se fait encore mieux à l'aide d'une petite lunette, — par exemple une lunette de sextant, — qu'on allonge suffisamment pour la vision nette à courte distance. On pose cette lunette en un point d'où l'un des pivots se voit derrière le trait, et on l'assujettit dans cette position de manière qu'elle ne puisse se déplacer ni à droite ni à gauche; en inclinant alors plus ou moins la lunette, de façon à voir l'autre pivot, celui-ci doit également être recouvert par le trait. Si cela n'a pas lieu exactement, on pourra déplacer un peu la lunette à droite ou à gauche, jusqu'à ce que le second pivot tombe précisément derrière le trait. La quantité dont il a fallu déplacer la lunette, exprimée par exemple en millimètres, *divisée* par la distance de la lunette au centre de la boussole, et *multipliée* par la distance des pivots au trait tracé sur le verre, donnera, cherchée dans la table des sinus ou des tangentes, la *correction* qui, à raison de de l'obliquité du trait, doit être apportée à l'une des deux lectures: ajoutée

à celle de la rose *inférieure* ou retranchée de celle de la rose *supérieure*, ou réciproquement. Pour cette épreuve, il est bon de placer les deux pivots aussi loin que possible l'un de l'autre, l'un haut, l'autre bas; alors, en effet, l'erreur, si elle existe, doit être la plus grande. Quand la distance des pivots devient moindre, l'erreur diminue dans la même proportion (au moins si les traits tracés sur les verres sont bien droits, et si, en outre, les pivots se meuvent exactement suivant une ligne droite, lorsqu'ils s'élèvent ou s'abaissent).

Pour ce qui regarde les roses, elles sont, comme les roses ordinaires, en papier et collées sur les disques; il y a toutefois cette différence importante, que la graduation y a été tracée, au moyen d'une machine à diviser, *après le collage*, en ayant soin que le milieu de la chape d'agate corresponde exactement au centre de la graduation. Les roses ordinaires présentent généralement ces défauts, que lors du collage le papier — déjà imprimé — se tire inégalement, d'où résulte l'inégalité des degrés, et que le centre de la graduation ne coïncide pas suffisamment avec le milieu de la chape; aussi, les erreurs de 1 à $1\frac{1}{2}$ et même 2 degrés ne sont-elles pas rares. Quant à la graduation, ou plutôt aux chiffres de la graduation, ceux-ci forment une série continue de 0 à 360° , disposition qui devrait toujours être adoptée, au moins pour les boussoles de relèvement et d'azimut. La rose supérieure de la boussole d'intensité est double, c'est-à-dire divisée en dessous aussi bien qu'en dessus, afin de pouvoir lire la première de ces divisions dans le petit miroir.

Une addition utile, mais à laquelle je n'ai songé que plus tard, consiste à fixer, au milieu de l'intervalle entre les deux roses, c'est-à-dire à la hauteur IK de la fig. 4, une glace transparente horizontale; si l'éclairage est suffisant, la face de dessous de la rose supérieure est alors vue en contact avec la rose inférieure, quel que soit le point où se trouve l'œil, et c'est là, dans le cas où le navire tourne sur lui-même, un avantage que ne présente pas l'observation du miroir L à travers la lunette. Cette lunette, en effet, ainsi que l'œil de l'observateur, suivent le mouvement du

bâtiment, et par suite on observe à chaque instant d'autres chiffres des roses. Lorsque, au contraire, l'image de la rose supérieure est vue dans la glace en contact avec la rose inférieure, on peut regarder toujours les mêmes divisions des deux roses, par exemple le point où le N de la rose supérieure est projeté sur la rose inférieure.

On peut aussi, au centre de la glace, en étamer une portion circulaire, afin d'y voir une partie de la rose supérieure avec plus de clarté que dans la portion non étamée, tout comme cela a lieu pour le petit miroir d'un octant.

La rose supérieure pourrait encore avoir au centre une ouverture ronde, à travers laquelle on regarderait la rose inférieure et l'image réfléchies par la glace et par le miroir.

On pourrait même supprimer entièrement la rose supérieure, et laisser seulement l'aiguille du compas tourner sur son pivot; dans la glace, cette aiguille se montrerait alors comme couchée sur la rose inférieure.

Enfin, je ferai remarquer que les deux vis en H et G, fig. 2, qui servent à élever et à abaisser les roses, pourraient convenablement être remplacées par une tige *unique*, portant aux deux côtés des pas de vis de même inclinaison mais de sens contraire, celui d'en haut tournant par exemple à *droite*, celui d'en bas à *gauche*; une rotation *unique* ferait alors marcher les deux roses simultanément, toutes deux se rapprochant du milieu ou toutes deux s'en éloignant.

La boussole d'intensité est suspendue de la manière ordinaire, dans un balancier; I et K sont les tourillons qui reposent sur le balancier.

La disposition, qui vient d'être décrite, n'est évidemment pas la seule qu'on puisse donner à la boussole d'intensité; d'autres combinaisons seront également bonnes, pourvu qu'elles satisfassent à la condition qu'il y ait deux aiguilles de boussole placées l'une au-dessus de l'autre, et dont la distance soit susceptible d'être mesurée et d'être rendue à volonté plus grande ou plus petite. On pourrait, par exemple, imiter la construction du compas de

Walker, et faire tourner la rose supérieure sur un pivot fixé au centre du verre qui recouvre une boussole ordinaire. Seulement il serait bon, dans ce cas, que la cloche de verre du compas de Walker, laquelle repose sur la cuvette de la boussole, et par conséquent élève d'autant le centre de gravité général, fût remplacée par une couverture plus spacieuse, qui reposerait sur la caisse de la boussole, et participerait ainsi aux mouvements du navire, tout comme le dôme d'un habitacle.

Nous allons essayer maintenant d'expliquer d'une manière simple comment la boussole d'intensité peut servir à faire connaître, non-seulement l'intensité du magnétisme, mais aussi la *dévi*ation du compas. Supposons à cet effet, en premier lieu, qu'à bord d'un navire en bois il y ait une attraction locale telle que le nord de la boussole soit constamment attiré vers l'*arrière*, et que ce soit là la seule force perturbatrice qui s'exerce sur l'aiguille. Ce cas représente, par exemple, l'action d'une cheminée à vapeur en fer, commençant au niveau du pont ou très peu au-dessous, — aussi longtemps, bien entendu, que le navire se trouve au nord de l'équateur magnétique. — L'action de la tête d'un gouvernail en fer est également, dans la même circonstance, une force dirigée vers l'*arrière*. Il est clair que, dans cette supposition, la boussole ne présentera pas de déviation lorsque le bâtiment portera au nord ou au sud; dans le premier cas, il est vrai, le nord de l'aiguille sera attiré *moins* fortement vers le nord (magnétique) de l'horizon, et dans le second cas *plus* fortement, mais le compas ne pourra pas dévier, parce que, pour ces deux caps, la force perturbatrice agit *dans le plan* du méridien magnétique, et non de côté. Mais si le navire portait vers l'est ou vers l'ouest, la force émanant de l'*arrière* agirait vers l'ouest dans le premier cas et vers l'est dans le second; l'aiguille aurait donc une déviation occidentale pour la marche est, et une déviation orientale pour la marche ouest. La boussole d'intensité trahirait ces déviations de la manière suivante:

Dans la marche N., cas où les pôles nord des aiguilles (fig. 1)

sont attirés en arrière, et par conséquent les pôles sud en avant, l'angle AMB compris entre les aiguilles deviendrait *plus grand*, ce qui indique une diminution d'intensité. Dans la marche S., les pôles nord des aiguilles seraient encore attirés vers l'arrière; c'est-à-dire, vers le nord de l'horizon, tandis que les pôles sud seraient attirés vers le sud; l'angle AMB des aiguilles deviendrait donc nécessairement *plus petit*, ce qui annonce une augmentation de l'intensité. Dans les marches E. ou O., les extrémités nord des aiguilles, tout comme celle du compas ordinaire, seraient attirées *toutes les deux* vers l'ouest, ou *toutes les deux* vers l'est. Les *deux* aiguilles dévieraient par conséquent, mais l'angle AMB changerait peu ou point, et aurait certainement dans les deux marches, E. et O., la même grandeur.

L'*inégalité* des angles entre les aiguilles, dans les marches *nord* et *sud*, trahit donc l'existence de déviations dans les marches *est* et *ouest*; l'*égalité* des angles dans les marches *est* et *ouest* fait voir qu'il existe des déviations dans les marches *nord* et *sud*. La boussole d'intensité n'indique donc pas la déviation que la boussole ordinaire *a* ou *n'a pas* pour la route que l'on suit, mais il fait connaître la déviation que cette boussole *aura* pour une route *différent* de 90° de la route suivie. Dans l'*exemple supposé*, il est facile de calculer, au moyen des angles observés pour les marches N. et S. entre les aiguilles de la boussole d'intensité, les déviations qu'offrirait une boussole ordinaire placée au même point où se trouve, lors de l'observation, la boussole d'intensité ¹⁾. Plus haut nous avons vu comment, de l'angle observé des aiguilles, on déduit l'intensité *i*. Soient maintenant:

$$\begin{array}{l} \text{pour le cap au nord, l'intensité} = i'' \\ \text{et pour le cap au sud,} \quad \quad \quad \gg \quad = i', \end{array}$$

¹⁾ Au lieu d'enlever la boussole d'intensité et de mettre à sa place une boussole ordinaire, on pourrait aussi enlever seulement une de ses deux roses, par exemple, la supérieure; la rose inférieure fonctionnerait alors comme une rose de boussole ordinaire.

on trouvera, dans le cas supposé, la déviation *occidentale*, pour le cap à l'est, par la formule :

$$\sin. \text{ déviation} = \frac{i' - i''}{i' + i''}.$$

Supposons actuellement que la force magnétique perturbatrice (l'attraction locale) exerce sur le pôle nord d'une aiguille aimantée une action dirigée, non pas vers la poupe ou vers la proue, mais vers l'un des bords, par exemple le bâbord. Il est clair que, dans cette hypothèse, la boussole ordinaire aurait avec la marche nord une déviation occidentale, et avec la marche sud une déviation orientale; dans les deux cas, toutefois, l'angle formé par les aiguilles de la boussole d'intensité ne serait que peu ou point modifié. Mais si le navire portait à l'est, l'angle entre les aiguilles deviendrait *plus petit*, et pour le cap à l'ouest il deviendrait *plus grand*; en revanche, pour ces deux dernières marches, la déviation serait de nouveau nulle.

Si, comme il arrive généralement, l'attraction locale n'est dirigée exactement ni vers l'avant ou l'arrière, ni en travers du navire, la boussole n'aura pas de déviation pour une marche telle que cette direction corresponde avec le méridien magnétique, ce qui naturellement peut avoir lieu dans deux cas, à savoir: l'attraction locale agissant vers le N., ou vers le S. Dans le premier cas, l'angle des aiguilles du compas d'intensité devra avoir sa valeur la plus petite, dans le second, sa valeur la plus grande.

Pour trouver maintenant les *déviation*s, au moyen des *angles* des aiguilles de la boussole d'intensité, soient :

i l'intensité pour le cap sous lequel on gouverne;

i' » pour un cap de 90° *plus à l'est*, c'est-à-dire, en tournant toujours à *droite*, ou par tribord;

i'' » pour un cap de 90° *plus à l'ouest*, c'est-à-dire, en tournant toujours à *gauche*, au par bâbord.

Soient en outre :

α' = l'angle, sur la boussole, du cap sous lequel on gouverne.

λ = la déviation de la boussole pour le cap sous lequel on gouverne.

λ' = » » » » pour le cap de 90° à *droite*.

— λ' = » » » » pour le cap de 90° à *gauche*.

Ces déviations sont comptées *positives* lorsqu'elles sont *occidentales*, *négatives* lorsqu'elles sont *orientales*. Les caps $a' + 90^\circ$ et $a' - 90^\circ$ sont aussi pris tous les deux sur la *boussole même*. Nous posons les déviations correspondantes à ces caps égales l'une $a' + \lambda'$, l'autre $a' - \lambda'$, c'est-à-dire, précisément de même grandeur, mais de *nom contraire*, parce qu'ici, pour plus de simplicité, nous n'avons en vue que l'attraction locale *permanente* (dans la supposition que le navire ne change pas beaucoup de place, en longitude ni en latitude). Quant à l'attraction locale mobile, ou l'influence du magnétisme *d'induction*, dont l'effet a reçu en anglais le nom de *quadrantal déviation*, nous en dirons un mot plus loin.

Dans les hypothèses que nous venons de faire, les déviations λ et λ' s'obtiennent par les formules simples :

$$\sin \lambda = \frac{i' - i''}{i' + i''} \cos \lambda'$$

et
$$\sin \lambda' = 1 - \frac{2i}{i' + i''} \cos \lambda + \cos \lambda,$$

qui montrent de nouveau que la déviation λ , propre au cap sous lequel on gouverne, dépend principalement des intensités i' et i'' des caps qui sont situés à 8 rumbs à droite et à gauche du premier. Comme dans ces équations il entre deux inconnues, on peut commencer par supposer les cosinus $= 1$; calculer alors les valeurs approchées $\sin \lambda = \frac{i' - i''}{i' + i''}$, $\sin \lambda' = 1 - \frac{2i}{i' + i''}$, et au moyen de ces valeurs chercher $\cos \lambda$ et $\cos \lambda'$, pour trouver ensuite plus exactement les valeurs de $\sin \lambda$ et $\sin \lambda'$.

Les déviations λ et λ' , produites par l'attraction locale fixe, sont de nature telle, que, lorsque l'une est 0, l'autre a sa plus grande valeur positive ou négative.

Supposons maintenant que la déviation λ soit $= 0$ pour un cap compris entre le N. et l'E., comme dans la fig. 5, alors, simultanément, l'angle AMB (fig. 4), formé par les aiguilles de la boussole d'intensité, aura une valeur *maximum* ou *minimum*, et l'intensité sera *minimum* ou *maximum*. Prenons le second de ces

deux cas: admettons que l'angle AMB soit plus petit que pour tout autre cap. Le point E à bâbord, qui est situé au nord de la boussole placée en M , sera alors le point *vers lequel est dirigée l'attraction locale*, celui qui en quelque sorte attire l'extrémité nord de l'aiguille de la boussole et repousse l'extrémité sud. Le point E' à tribord, sur le prolongement de la ligne EM , agit d'une manière inverse, ou plutôt, — car tel est ordinairement le cas pour nos latitudes boréales, — le nord de la boussole est attiré vers les *deux* points E et E' , et le sud est repoussé par ces *deux* points, mais l'action dirigée vers E est plus forte que celle dirigée vers E' . Si maintenant l'on a fait une marque au point E du bord, cette marque, lorsque le bâtiment virera davantage à droite ou à l'est, viendra se placer à l'est de la boussole, et comme l'attraction de l'extrémité nord est dirigée vers ce point, la boussole acquerra aussi une déviation *orientale*. Si au contraire le bâtiment vire à gauche, c'est-à-dire dans la direction de l'ouest en passant par le nord, la déviation de la boussole deviendra *occidentale*; et il est évident que les déviations orientales et occidentales les plus grandes correspondront aux caps $a' + 90^\circ$ et $a' - 90'$, pour lesquels la *marque* E est placée à l'est ou à l'ouest de la boussole, tandis que l'angle AMB aura alors pris une valeur moyenne.

Une autre application utile de la boussole d'intensité serait de dévoiler les déviations de l'aiguille qui proviennent de l'inclinaison du navire. On sait, par la théorie et par la pratique, que cette inclinaison donne surtout lieu à une déviation de la boussole lorsque le cap tombe près du nord ou près du sud. Ce n'est autre chose qu'une conséquence de l'*augmentation*, dans un certain sens (diminution dans un autre sens), de l'action *magnétique* du bord qui *s'élève* ou qui *s'abaisse*, combinée avec l'action magnétique qui procède des environs de la quille d'un navire en fer. Dans la marche est ou ouest, ces forces ont peu ou point d'influence pour faire *dévier* la boussole, mais elles en ont pour *modifier l'intensité*. Si donc, le cap étant par exemple à l'est, et les extrémités nord A et B des aiguilles de la boussole d'intensité se dirigeant en conséquence vers bâbord, on remarque que l'angle des aiguilles devient

plus *petit* lorsque *bâbord s'élève*, c'est-à-dire, lorsque le navire penche sur tribord et que l'inclinaison *augmente* encore; et que, réciproquement, cet angle devient plus *grand* lorsque ce bord *s'abaisse*, c'est-à-dire lorsque l'inclinaison sur tribord *diminue*, ou se change en une inclinaison sur bâbord; dans ce cas, dis-je, on a la preuve que *bâbord attire* le nord du compas lorsqu'il *s'élève*, et le *repousse* au contraire lorsqu'il *s'abaisse*, ou que, du moins, les choses se passent comme si telle était l'unique action que ces inclinaisons exercent sur la boussole.

Or, il est facile de voir qu'alors, dans la marche nord, avec une inclinaison du navire sur *tribord*, c'est-à-dire avec un bâbord élevé, le compas devra dévier à l'*ouest*, tandis qu'il devra dévier à l'*est* avec une inclinaison sur bâbord; dans la marche sud, ce sera, quant aux déviations *est* et *ouest*, précisément l'inverse: nous pouvons donc dire, plus brièvement: en cas d'inclinaison, le compas dévie vers le *lof*. Si, dans la marche est, on avait remarqué le contraire de ce que nous avons supposé, c'est-à-dire, si l'angle des aiguilles était devenu plus grand quand bâbord *s'élève* et plus *petit* quand bâbord *s'abaisse*, les déviations du compas auraient aussi lieu dans le sens contraire, c'est-à-dire, vers le *côté sous le vent*. La grandeur des déviations occasionnées par les inclinaisons du navire dépend naturellement: d'abord, de la grandeur du changement de l'intensité lors de la marche est ou ouest, ce changement étant évalué pour 1° d'inclinaison, et en second lieu du cap, plus ou moins rapproché ou éloigné du N. ou S.; à l'aide de ces données, la déviation peut être calculée, au moins avec une exactitude suffisante pour l'usage en mer.

Jusqu'ici, pour simplifier les choses, nous n'avons tenu aucun compte du magnétisme d'*induction horizontale*. Cette action magnétique diffère du magnétisme permanent ou sub-permanent et du magnétisme d'*induction verticale* en ce que, pour des caps *différents*, elle fait naître, dans *les mêmes parties* du navire, des forces magnétiques *différentes*, la partie qui est tournée le plus au nord prenant, en général, le magnétisme *septentrional*, et celle qui est tournée le plus au sud le magnétisme *méridional*. Il résulte de

là des déviations de la boussole, qui suivent une tout autre loi que les déviations provenant du magnétisme qui reste invariable quel que soit le cap du navire. Le magnétisme d'induction horizontale, en revanche, a cette propriété que son effet, quant à la déviation de la boussole, est *constant*, — au moins dans une mesure pleinement suffisante pour les besoins de la navigation, — quelle que soit la longitude ou la latitude à laquelle le navire se trouve; cette propriété a été démontrée pour la première fois, théoriquement et pratiquement, dans mon Mémoire *sur les déviations de la boussole* publié en 1856 par l'Académie des sciences, et elle a été trouvée presque simultanément, d'une manière plus empirique, par l'astronome royal, M. Airy. L'effet de cette induction horizontale s'accuse en général le mieux sous les caps N. E., S. E., S. O. et N. O., raison pour laquelle ces déviations, que nous pourrions appeler *déviations constantes*, ont reçu en Angleterre, comme je l'ai déjà dit, le nom de *quadrantal déviations*. La valeur maximum de ces déviations est en moyenne, pour des navires différents, de 4°. Je ne puis entrer ici dans plus de détails concernant les états magnétiques d'un navire en fer; cela nous conduirait trop loin. Je me contenterai de donner encore les formules à l'aide desquelles, en tenant compte du magnétisme d'induction horizontale, on peut calculer les déviations, connaissant les angles compris entre les aiguilles de la boussole d'intensité.

Désignons par p la valeur maximum des *déviations constantes* sous les caps N. E., S. E., S. O. et N. O., valeur qu'on détermine dans un port; α' est la route *d'après le compas*; les formules de la page 217 deviennent alors, avec une exactitude suffisante:

$$\begin{aligned} \sin \lambda &= \frac{i' - i''}{i' + i''} \cos \lambda' - 2 \sin p \sin 2 \alpha' \sin \lambda' \\ \sin \lambda' &= - \frac{2i}{i' + i''} (1 + 2 \sin p \sin 2 \alpha') \cos \lambda' + \cos \lambda \\ &\quad - 2 \sin p \sin 2 \alpha' \sin \lambda \quad (1). \end{aligned}$$

(1) *Theorie van het intensiteits-kompas*, form. (29), lorsqu'on y prend $k = 90^\circ$ et $k = -90^\circ$, et que pour $C \cos \beta$ on introduit de nouveau l'intensité à bord.

Comme $\sin p$ est un petit nombre, on voit que les formules antérieures n'éprouvent en général que peu de changement, et d'autant moins que le cap se rapproche plus d'un des rumb principaux, parce qu'alors $\sin 2a'$ est de plus en plus petit. Pour une première approximation, on peut de nouveau prendre

$$\sin \lambda = \frac{i' - i''}{i' + i''} \text{ et } \sin \lambda' = 1 - \frac{2i}{i' + i''}, \text{ et ensuite répéter le}$$

calcul. λ et λ' sont maintenant les déviations produites par le magnétisme *sub-permanent* et par le magnétisme *d'induction verticale*, sous les caps a' et $a' + 90^\circ$. Pour avoir la valeur totale, ou la déviation effective, il faut encore ajouter à λ et à λ' le montant de la *déviatiou constante*, qui est pour le cap a' :

$$\alpha = r + p \sin 2a' + q \cos 2a' = \text{dév. const. cap } a',$$

et pour le cap $a' + 90^\circ = a''$:

$$\alpha' = r + p \sin 2a'' + q \cos 2a'' = \text{» » » } a'',$$

ou, ce qui revient au même:

$$\alpha = r - p \cos 2a' - q \cos 2a' = \text{» » » } a'.$$

Ces déviations constantes peuvent aussi être facilement calculées d'avance et réduites en table. r et q sont deux angles très petits, qui dépassent rarement 1° ; r , p , q doivent être exprimés ici en degrés.

Les déviations totales, pour les caps a' et a'' , sont alors:

$$\varphi = \lambda + \alpha$$

$$\varphi' = \lambda + \alpha'.$$

Etant données les variations de l'angle des aiguilles de la boussole d'intensité, produites par les inclinaisons du navire marchant sous les caps est ou ouest, on peut se servir, pour trouver la grandeur de la déviation, résultat d'une pareille inclinaison, pour un autre cap, de la formule suivante.

Soit $\Delta i'$ le *changement* de l'intensité, par *degré* d'inclinaison, pour le cap est, ce changement étant supposé positif lorsqu'il y a une *augmentation* de l'attraction des pôles nord des aiguilles vers le bord *ascendant*.

Soit aussi $\Delta i''$ le changement de l'intensité, par *degré* d'inclinaison, pour le cap ouest, ce changement étant *positif* dans la même hypothèse que ci-dessus ; c'est-à-dire :

Cap *est*, $\left\{ \begin{array}{l} \text{devient plus petit pour une inclinaison croissante} \\ \Delta i' \text{ positif,} \quad \text{sur tribord.} \end{array} \right.$
 lorsque l'angle } devient *plus grand* pour une inclinaison croissante sur *bâbord*.
 AMB des aiguilles

Cap *ouest*, $\left\{ \begin{array}{l} \text{devient plus grand pour une inclinaison croissante} \\ \Delta i'' \text{ positif,} \quad \text{sur tribord.} \end{array} \right.$
 lorsque l'angle } devient *plus petit* pour une inclinaison croissante sur *bâbord*.
 AMB des aiguilles

Soient, en outre, h l'angle d'inclinaison, exprimé en degrés, pour un cap α' ; $\Delta \varphi$ le changement de la déviation par suite de l'inclinaison, positif du côté du *lof* ; on aura, avec une exactitude suffisante :

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta i' + \Delta i''}{i' + i''} (1 + p) \times h. \cos \alpha' ;$$

i' et i'' sont maintenant les intensités pour le navire non incliné, sous les caps *est* et *ouest* ¹⁾.

Disons maintenant encore un mot de la boussole de Walker. Comme on le sait, cette boussole est formée de deux aiguilles aimantées placées l'une au-dessus de l'autre, l'inférieure plus forte et la supérieure plus faible. C'est cet instrument qui m'a donné l'idée de la boussole d'intensité. Lorsque, il y a quelques années, j'eus connaissance de la boussole de Walker, il me parut tout d'abord qu'elle ne pouvait atteindre en aucune façon le but que l'auteur s'était proposé. Il était impossible, en effet, que la position *relative* des aiguilles dépendît de la *direction* de la force magnétique, — résultant ou non de deux ou de plusieurs forces composantes, — qui agit sur les *deux* aiguilles ; cette position *relative* ne pouvait être modifiée que par un

¹⁾ *Theorie van het intensiteits-kompas*, form. (26), lorsque pour $C \cos \beta$ on prend de nouveau alternativement i' et i'' , et qu'ensuite on élimine n .

changement de l'*intensité* de cette force magnétique. Or, toute boussole pouvant avoir une grande déviation (aussi grande qu'on le veut) avec la même intensité de la force directrice, il suit déjà de là que la combinaison de deux aiguilles, placées l'une au-dessus (ou dans le voisinage) de l'autre, ne peut nullement indiquer les *déviation*s, de la manière dont l'entendait M. Walker; il croyait que pour chaque déviation, par rapport au méridien magnétique, de l'aiguille inférieure ou la plus forte, l'aiguille suspendue au-dessus d'elle dévierait (par le pôle contraire) *deux fois autant*, et qu'ainsi la déviation de l'aiguille inférieure serait dévoilée à la fois en sens et en grandeur.

D'après les indications de M. Walker (voir p. 171 de l'ouvrage *The magnetison of ships and the mariner compass, etc.*, by William Walker), l'aiguille supérieure doit posséder un magnétisme beaucoup plus faible que celui de l'inférieure, et se trouver à une distance telle, qu'elle soit tout à fait renversée, sa pointe sud tournée vers le nord et sa pointe nord dirigée vers le sud. Cette distance doit ensuite être réglée de la manière suivante (v. p. 172): „Let the compass be made to deviate by *iron, a magnet*, or BY HAND, 10, 20 or 30 degrees east or west on either side of the lubber line and read of the pointing of the indicator needle on the card. If the reading agree with the actual number of degrees the compass is made to deviate, then the instrument is in correct adjustment, otherwise the indicator needle must be raised or lowered until the indicated deviation on the card is equal to the actual deviation given on the main needle in the process of adjustment.”

De ce passage, et surtout des mots imprimés en petites capitales, il résulte clairement que, dans la pensée de l'auteur, on fera dévier l'aiguille par une *force*, quelle qu'elle soit (BY HAND), qui n'agisse pas en même temps sur la petite aiguille supérieure; dans ce cas, effectivement, on parvient assez bien à régler la distance, au moins pour des angles de déviation allant jusqu'à 30°.

Notre fig. 6 (pl. XIII) représente la position des aiguilles lors de ce règlement: *n z* est l'aiguille inférieure, la plus grande, qu'on

tient d'une certaine quantité en dehors du méridien; $n'z'$ est l'aiguille supérieure, la plus petite et renversée, qui fait avec le méridien un angle $z'MN = 2 \times nMN$. Les sinus de ces angles sont assez approximativement dans un rapport constant, et, en modifiant la distance, on peut, comme le prescrit M. Walker, obtenir que ce rapport soit en moyenne de 2 : 1. Mais il est évident, qu'une force perturbatrice *magnétique*, qui ferait sortir du méridien la grande aiguille nz , agirait aussi sur la petite aiguille $n'z'$, et cela de façon telle, qu'une force *repoussant* n attirerait z' , de sorte que z' serait (en général) ramené au-dessus de n , et que par conséquent toute indication d'une *déviatio*n *disparaîtrait*. Il est vrai que M. Walker dit aussi, dans le passage cité, que la déviation nMN peut être provoquée à l'aide d'un morceau de *fer* ou d'un *aimant*; mais l'expérience ne réussira que si ce fer ou cet aimant est tenu *beaucoup plus près* de l'aiguille inférieure que de l'aiguille supérieure. Or, ce n'est jamais de cette manière que les forces *magnétiques*, à bord d'un navire, agissent pour produire la déviation de la boussole. Personne, en effet, ne placera le compas dans le voisinage et à quelques centimètres de distance d'une masse de fer, mais on l'en éloignera plutôt autant que les circonstances le permettent ²⁾, de sorte que la distance des aiguilles de la boussole de Walker restera toujours petite par rapport à la distance qui sépare la boussole de la masse de fer la plus rapprochée. Les forces magnétiques perturbatrices, qui influencent la boussole, agiront donc à un degré égal (au moins à très peu de chose près) sur les *deux* aiguilles; elles se composeront avec la force magnétique terrestre, et il en résultera une force *unique*, par laquelle les aiguilles seront dirigées, ou, en d'autres termes, dont la direction sera indiquée par la boussole; mais, quant à savoir si cette *direction* coïncide, *oui* ou *non*, avec le méridien, aucune trace

¹⁾ La form. (2) du Mémoire: *Theorie van het intensiteits-kompas* est ici applicable, en y faisant $\partial = 0$.

²⁾ Telle est aussi, d'ailleurs, l'intention de M. Walker.

ne l'indiquera. La position *relative* des aiguilles de la boussole de Walker dépend seulement de l'*intensité* de la force *magnétique résultante* qui agit sur elles.

Si l'on veut se représenter les positions relatives des aiguilles de la boussole de Walker, on peut avoir recours au triangle de la fig. 3, en tenant compte de cette particularité, que le petit côté BC doit être pris très *court* en comparaison des deux autres. L'angle de déviation φ (en A) de l'aiguille inférieure, la plus forte, reste alors toujours très petit, tandis que l'autre angle, φ' (en B), passe promptement de 0 à 180°. La *différence* entre la hauteur à laquelle la déviation de la petite aiguille (supposé qu'on la fasse *descendre* d'un point suffisamment élevé) est encore *nulle*, et la hauteur où cette déviation atteint 180°, est alors *très petite*, de sorte que la petite aiguille sera bientôt *renversée*, et par conséquent ne se montrera guère autrement que dirigée au N. ou au S., c'est-à-dire, dans les deux cas, parallèle à la grande aiguille. Si la boussole de Walker est réglée ici à terre, selon la méthode prescrite, la petite aiguille se trouvera dans la position retournée, et à quelque distance *au-dessous* du point où elle peut se renverser. A bord d'un navire en fer, dans le cas où l'intensité du magnétisme aura *diminué*, elle conservera simplement cette position. Si au contraire cette intensité est devenue notablement plus grande, la petite aiguille se renversera et marquera de la même manière que la grande. Si l'intensité est rapprochée de la valeur qui permet à la petite aiguille de faire un angle avec la grande, cette petite aiguille sera souvent instable, et restera en mouvement jusqu'à ce que l'intensité ait suffisamment dépassé cette valeur ou soit revenue au-dessous. A bord d'un navire en bois, — où nous supposons peu ou point d'action magnétique, — dans un voyage aux tropiques, la petite aiguille se maintiendra d'abord retournée; mais, lorsque l'intensité horizontale du magnétisme terrestre aura suffisamment augmenté, l'aiguille pourra aussi se retourner et marquer normalement. La propriété communiquée avant le départ, au moyen du règlement de la distance des aiguilles, — à savoir que, pour chaque déplacement imprimé

mécaniquement à la grande aiguille, la petite fera avec le méridien un angle double (fig. 6), — cette propriété s'altère donc aussitôt le voyage commencé, et se perd de plus en plus à mesure qu'on avance. C'est là une objection qui se présente naturellement, mais à laquelle M. Walker ne paraît pas avoir songé; le règlement des aiguilles, exécuté selon son précepte, doit donner en des lieux différents des distances différentes: aux Indes orientales, par exemple, une distance plus petite que chez nous.

Ce que nous venons de dire au sujet de la boussole de Walker peut suffire pour dévoiler la nature de cet instrument et faire comprendre pourquoi il n'a pu remplir sa destination. — Quant à la boussole d'intensité, je ne puis pas encore assurer qu'elle satisfera en mer, bien que dans un port, sur un navire à l'abri d'oscillations, elle ait donné de bons résultats. Je désire qu'on en fasse l'essai dans les conditions ordinaires de la navigation; en cas de réussite, on aurait ainsi un moyen de déterminer les déviations de la boussole, même dans les circonstances qui ne permettent pas l'observation des astres; d'un autre côté, la connaissance de l'intensité horizontale du magnétisme terrestre, sur un grand nombre de points à la surface des mers, serait pour la science une importante acquisition, si ces intensités pouvaient être données avec une exactitude suffisante. La connaissance en question pourrait servir, entre autres, à rendre plus sûre la détermination des déviations de la boussole à bord d'un navire en fer, et elle permettrait, au besoin, de trouver ces déviations par *deux* observations, au lieu de trois, comme nous l'avons proposé. Du reste, je ne suis nullement d'avis que, pour trouver les déviations de l'aiguille aimantée en mer, la méthode fondée sur l'emploi de la boussole d'intensité doive être préférée aux relèvements directs du Soleil; outre que ces relèvements font aussi connaître la *déclinaison*, ce que ne peut faire la boussole d'intensité, ils mériteront toujours la préférence lorsqu'ils pourront être exécutés avec soin. La boussole d'intensité, par contre, a l'avantage de faire connaître directement la cause des déviations, et de trahir, même sans aucun calcul, l'existence ou l'absence des déviations, aussitôt que le

navire change de route. Quand même elle ne servirait que de cette manière, c'est-à-dire comme avertisseur, il aurait déjà son utilité en beaucoup de cas; avec son aide, par exemple, on pourrait facilement décider si une erreur d'estime doit être attribuée à a dérive sous l'action d'un courant plutôt qu'à la déviation de la boussole: pour cela, il n'y aurait qu'à faire virer le navire de quelques rums à droite ou à gauche, pendant un petit nombre de minutes de temps, et à voir si l'angle des aiguilles change et de combien il change.

AMSTERDAM, Décembre 1859.

TABLE AUXILIAIRE POUR L'EMPLOI DE LA BOUSSE D'INTENSITÉ.

										P. P.									
u	z	u	z	u	z	u	z	u	z										
° ' 0	° ' 0	° ' 0	° ' 0	° ' 0	° ' 0	° ' 0	° ' 0	° ' 0	° ' 0										
0,000	0. 0,0	0,050	11. 4,9	0,100	22. 4,7	0,150	32.54,2	0,200	43.27,6										
0,001	0.13,3	0,051	18,2	0,101	17,8	0,151	33. 7,0	0,201	40,1	1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
0,002	26,6	0,052	31,4	0,102	30,9	0,152	19,8	0,202	52,5	2	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
0,003	40,0	0,053	44,6	0,103	44,0	0,153	32,7	0,203	44. 4,9	3	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
0,004	53,3	0,054	57,9	0,104	57,0	0,154	45,5	0,204	17,3	4	5,4	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
0,005	1. 6,6	0,055	12.11,1	0,105	23.10,2	0,155	58,4	0,205	29,8	5	6,7	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
0,006	19,9	0,056	24,4	0,106	23,3	0,156	34.11,2	0,206	42,2	6	8,0	8,0	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
0,007	33,2	0,057	37,6	0,107	36,4	0,157	24,0	0,207	54,6	7	9,4	9,3	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
0,008	46,6	0,058	50,9	0,108	49,4	0,158	36,8	0,208	45. 7,0	8	10,7	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
0,009	59,9	0,059	13. 4,2	0,109	24. 2,5	0,159	49,5	0,209	19,3	9	12,1	12,0	11,9	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8
0,010	2.13,2	0,060	17,4	0,110	15,6	0,160	35. 2,3	0,210	31,7										
0,011	26,5	0,061	30,6	0,111	28,6	0,161	15,1	0,211	44,1										
0,012	39,8	0,062	43,9	0,112	41,7	0,162	27,9	0,212	56,4			13,0	12,9	12,8	12,7				
0,013	53,1	0,063	57,1	0,113	54,8	0,163	40,7	0,213	46. 8,8	1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
0,014	3. 6,4	0,064	14.10,4	0,114	25. 7,9	0,164	53,4	0,214	21,1	2	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
0,015	19,7	0,065	23,6	0,115	20,9	0,165	36. 6,2	0,215	33,4	3	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
0,016	33,0	0,066	36,8	0,116	33,9	0,166	18,9	0,216	45,7	4	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
0,017	46,3	0,067	50,1	0,117	47,0	0,167	31,7	0,217	58,0	5	6,5	6,4	6,4	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
0,018	59,6	0,068	15. 3,3	0,118	26. 0,0	0,168	44,4	0,218	47.10,3	6	7,8	7,7	7,7	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
0,019	4.13,0	0,069	16,5	0,119	13,1	0,169	57,1	0,219	22,6	7	9,1	9,0	9,0	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
0,020	26,3	0,070	29,7	0,120	26,1	0,170	37. 9,9	0,220	34,9	8	10,4	10,3	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
0,021	39,6	0,071	42,9	0,121	39,1	0,171	22,6	0,221	47,1	9	11,7	11,6	11,5	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
0,022	52,9	0,072	56,1	0,122	52,1	0,172	35,2	0,222	59,3										
0,023	5. 6,2	0,073	16. 9,3	0,123	27. 5,1	0,173	47,9	0,223	48.11,6										
0,024	19,4	0,074	22,5	0,124	18,1	0,174	38. 0,6	0,224	23,8			12,6	12,5	12,4	12,3				
0,025	32,8	0,075	35,7	0,125	31,1	0,175	13,3	0,225	36,1	1	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0,026	46,1	0,076	48,9	0,126	44,1	0,176	26,0	0,226	48,3	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
0,027	59,4	0,077	17. 2,1	0,127	57,1	0,177	38,6	0,227	49. 0,5	3	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
0,028	6.12,6	0,078	15,3	0,128	28.10,1	0,178	51,3	0,228	12,7	4	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
0,029	15,9	0,079	28,5	0,129	23,1	0,179	39. 4,0	0,229	24,9	5	6,3	6,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
0,030	39,3	0,080	41,7	0,130	36,0	0,180	16,6	0,230	37,0	6	7,6	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
0,031	52,6	0,081	54,9	0,131	49,0	0,181	29,2	0,231	49,1	7	8,8	8,8	8,7	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
0,032	7. 5,9	0,082	18. 8,1	0,132	29. 1,9	0,182	41,8	0,232	50. 1,3	8	10,1	10,0	9,9	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
0,033	19,1	0,083	21,3	0,133	14,9	0,183	54,4	0,233	13,4	9	11,3	11,3	11,2	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
0,034	32,4	0,084	34,5	0,134	27,8	0,184	40. 7,0	0,234	25,5										
0,035	45,6	0,085	47,6	0,135	40,8	0,185	19,6	0,235	37,6										
0,036	58,9	0,086	19. 0,8	0,136	53,7	0,186	32,2	0,236	49,7			12,2	12,1	12,0	11,9				
0,037	8.12,2	0,087	13,9	0,137	30. 6,6	0,187	44,8	0,237	51. 1,8	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0,038	25,5	0,088	27,1	0,138	19,6	0,188	57,4	0,238	13,9	2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
0,039	38,8	0,089	40,2	0,139	32,5	0,189	41. 9,9	0,239	26,0	3	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
0,040	52,1	0,090	53,4	0,140	45,4	0,190	22,5	0,240	38,0	4	4,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
0,041	9. 5,4	0,091	20. 6,5	0,141	58,3	0,191	35,0	0,241	50,0	5	6,1	6,1	6,0	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
0,042	18,7	0,092	19,7	0,142	31.11,2	0,192	47,5	0,242	52. 2,1	6	7,3	7,3	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
0,043	31,9	0,093	32,9	0,143	24,1	0,193	42. 0,1	0,243	14,1	7	8,5	8,5	8,4	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
0,044	45,2	0,094	46,0	0,144	37,0	0,194	12,6	0,244	26,1	8	9,8	9,7	9,6	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
0,045	58,5	0,095	59,1	0,145	49,9	0,195	25,1	0,245	38,1	9	11,0	10,9	10,8	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
0,046	10.12,8	0,096	21.12,2	0,146	32. 2,8	0,196	37,6	0,246	50,1										
0,047	25,1	0,097	25,3	0,147	15,7	0,197	50,1	0,247	53. 2,0										
0,048	38,3	0,098	38,5	0,148	28,5	0,198	43. 2,6	0,248	14,0										
0,049	51,6	0,099	51,6	0,149	31,4	0,199	15,1	0,249	25,9										
0,050	11. 4,9	0,100	22. 4,7	0,150	54,2	0,200	43.27,6	0,250	53.37,8										

$$z = \frac{L^2}{r^2} \cos. (\varphi + \varphi')$$

Voir page 206.

NOTE

SUR

L'EMPLOI DE LA BOUSSOLE D'INTENSITÉ

POUR TROUVER LA DÉVIATION DE L'AIGUILLE AIMANTÉE
A BORD D'UN NAVIRE,

PAR

F. J. STAMKART.



Dans mon Mémoire sur les Déviations de la boussole (*Over de Afwijkingen van het Kompas*) on trouve les deux formules suivantes (form. 9):

$$0 = -\sin \varphi + r \cos \varphi + m \sin a' + n \cos a' + p \sin (2a' - \varphi) + q \cos (2a' - \varphi) \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{R}{N i} = +\cos \varphi + r \sin \varphi - m \cos a' + n \sin a' - p \cos (2a' - \varphi) + q \sin (2a' - \varphi) \dots \dots \dots (2)$$

où φ représente la déviation de la boussole produite par l'action magnétique du fer du navire; $\frac{R}{i}$ le rapport entre la composante magnétique horizontale à bord et celle à terre; a' la route *apparente* du navire, c'est-à-dire la route qui est indiquée par la boussole déviée; m et n deux nombres qui varient avec l'inclinaison δ et avec l'intensité horizontale i ; enfin r , p , q et N des grandeurs constantes.

Si l'on différencie ces expressions par rapport à a' , on trouve :

$$0 = -(\cos \varphi + r \sin \varphi) \frac{d\varphi}{da'} + m \cos a' - n \sin a' \\ + (p \cos (2a' - \varphi) - q \sin (2a' - \varphi)) \left(2 - \frac{d\varphi}{da'}\right). \quad (3)$$

$$\frac{1}{Ni} \cdot \frac{dR}{da'} = -(\sin \varphi - r \cos \varphi) \frac{d\varphi}{da'} + m \sin a' + n \cos a' \\ + (p \sin (2a' - \varphi) + q \cos (2a' - \varphi)) \left(2 - \frac{d\varphi}{da'}\right). \quad (4)$$

En ajoutant (2) à (3) et retranchant (1) de (4), on obtient :

$$\frac{R}{Ni} = (\cos \varphi + r \sin \varphi) \left(1 - \frac{d\varphi}{da'}\right) \\ + (p \cos (2a' - \varphi) - q \sin (2a' - \varphi)) \left(1 - \frac{d\varphi}{da'}\right), \\ \frac{1}{Ni} \cdot \frac{dR}{da'} = (\sin \varphi - r \cos \varphi) \left(1 - \frac{d\varphi}{da'}\right) \\ + (p \sin (2a' - \varphi) + q \cos (2a' - \varphi)) \left(1 - \frac{d\varphi}{da'}\right).$$

La seconde de ces expressions étant ensuite divisée par la première, on obtient :

$$\frac{dR}{R da'} = M = \frac{\sin \varphi - r \cos \varphi + p \sin (2a' - \varphi) + q \cos (2a' - \varphi)}{\cos \varphi + r \sin \varphi + p \cos (2a' - \varphi) - q \sin (2a' - \varphi)}. \quad (5)$$

Cette expression, où n'entrent plus les grandeurs m et n , variables avec δ et i , peut servir à déterminer la déviation φ , lorsque la grandeur M a été trouvée de l'une ou de l'autre manière. On tire en effet de (5) :

$$(1 - Mr) \sin \varphi = (M + r) \cos \varphi - (p + Mq) \sin (2a' - \varphi) - \\ - (q - Mp) \cos (2a' - \varphi). \dots \dots \dots (6)$$

et

$$tg \varphi = \frac{M + r - (p + Mq) \sin 2a' - (q - Mp) \cos 2a'}{1 - Mr - (p + Mq) \cos 2a' + (q - Mp) \sin 2a'}. \quad (7)$$

puis, attendu que les grandeurs r , p , q sont toujours petites (r et q tout au plus de 1° à $1^\circ\frac{1}{2}$, p tout au plus de 6, 7 ou

8°, en moyenne de 4°), la form. (6) donne, avec une exactitude suffisante pour les applications :

$$\sin \varphi \text{ ou } \varphi = M + r - (p + Mq) \sin (2a' - M) - \\ - (q - Mp) \cos (2a' - M) \dots \dots \dots (6')$$

Il ne s'agit donc plus que de trouver M par l'observation ; or, pour cela, on peut faire usage de la boussole d'intensité.

Soient ψ l'angle des aiguilles de la boussole d'intensité, $2L =$ la distance des deux pôles, tant pour l'une que pour l'autre aiguille ; $h =$ la distance verticale des deux aiguilles, et $r = \sqrt{h^2 + 2L^2}$; enfin $1 + \alpha : 1 - \alpha =$ le rapport des moments magnétiques des aiguilles, et A un nombre constant ; on a alors, d'après la form. (14) de ma *Théorie de la boussole d'intensité* :

$$R = \frac{1}{2} \frac{A}{r^3} (\cos^2 \frac{1}{2} \psi^2 + \alpha^2 \sin^2 \frac{1}{2} \psi)^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(1 + 2 \left(\frac{L}{r} \right)^2 \cos \psi \right)^{-\frac{3}{2}} \right. \\ \left. + \left(1 - 2 \left(\frac{L}{r} \right)^2 \cos \psi \right)^{-\frac{3}{2}} \right\},$$

d'où l'on déduit :

$$\text{Log } R = \text{Log.} \left(\frac{1}{2} \frac{A}{r^3} \right) + \frac{1}{2} \text{Log} (\cos^2 \frac{1}{2} \psi + \alpha^2 \sin^2 \frac{1}{2} \psi) \\ + \text{Log} \left\{ \left(1 + 2 \left(\frac{L}{r} \right)^2 \cos \psi \right)^{-\frac{3}{2}} + \left(1 - 2 \left(\frac{L}{r} \right)^2 \cos \psi \right)^{-\frac{3}{2}} \right\}.$$

Faisant, pour abrégér, $\left(\frac{L}{r} \right)^2 = b$, on trouve par différentiation :

$$\frac{dR}{R} = - \left\{ \frac{1}{2} (1 - \alpha^2) \cdot \frac{\text{tang.} \frac{1}{2} \psi}{1 + \alpha^2 \text{tang}^2 \frac{1}{2} \psi} \right. \\ \left. + 3 \frac{(1 - 2b \cos \psi)^{-\frac{5}{2}} - (1 + 2b \cos \psi)^{-\frac{5}{2}}}{(1 - 2b \cos \psi)^{-\frac{3}{2}} + (1 + 2b \cos \psi)^{-\frac{3}{2}}} \cdot b \sin \psi \right\} d. \psi,$$

et posant encore

$$\frac{1}{2} (1 - \alpha^2) \frac{\text{tang} \frac{1}{2} \psi}{1 + \alpha^2 \text{tang}^2 \frac{1}{2} \psi} = P, \\ 3 \frac{(1 - 2b \cos \psi)^{-\frac{5}{2}} - (1 + 2b \cos \psi)^{-\frac{5}{2}}}{(1 - 2b \cos \psi)^{-\frac{3}{2}} + (1 + 2b \cos \psi)^{-\frac{3}{2}}} = Q,$$

on obtient:

$$\frac{dR}{R} = -(P + b Q \sin \psi) d\psi,$$

d'où:

$$\frac{dR}{R da'} = M = -(P + b Q \sin \psi) \frac{d\psi}{da'} \dots \dots \dots (8)$$

M est ainsi donné en fonction de l'angle ψ et du quotient différentiel $\frac{d\psi}{da'}$. L'angle ψ est directement observable; quant au quotient différentiel $\left(\frac{d\psi}{da'}\right)$, on devra se le procurer d'une autre manière. Lorsqu'on change un peu le cap du navire, tant à droite qu'à gauche du cap suivant lequel on gouverne, ce qui peut toujours se faire très facilement, et qu'alors on observe les *changements* de l'angle ψ , qui correspondent aux changements du *cap apparent*, on a, comme l'on sait:

Pour le cap $a' + \Delta a'$,

$$\psi' = \psi + \frac{d\psi}{da'} \frac{\Delta a'}{1} + \frac{d^2\psi}{da'^2} \cdot \frac{\Delta a'^2}{2} + \frac{d^3\psi}{da'^3} \cdot \frac{\Delta a'^3}{6} + \text{etc.}$$

et pour le cap $a' - \Delta a'$,

$$\psi'' = \psi - \frac{d\psi}{da'} \cdot \frac{\Delta a'}{1} + \frac{d^2\psi}{da'^2} \cdot \frac{\Delta a'^2}{2} - \frac{d^3\psi}{da'^3} \cdot \frac{\Delta a'^3}{6} + \text{etc.}$$

d'où:

$$\frac{\psi' - \psi''}{2 \Delta a'} = \frac{d\psi}{da'} + \frac{1}{6} \cdot \frac{d^3\psi}{da'^3} \cdot \Delta a'^2 + \frac{1}{120} \frac{d^5\psi}{da'^5} \Delta a'^4 + \text{etc.}$$

et

$$\frac{\psi' + \psi'' - 2\psi}{\Delta a'} = \frac{d^2\psi}{da'^2} \Delta a' + \frac{1}{12} \cdot \frac{d^4\psi}{da'^4} \cdot \Delta a'^3 + \text{etc.}$$

En négligeant les grandeurs du *troisième* ordre, ce qui, au point de vue des besoins de la navigation, n'offre en général aucun inconvénient, on obtient donc:

$$\frac{d\psi}{da'} = \frac{\psi' - \psi''}{2 \Delta a'} \text{ et } \frac{d^2\psi}{da'^2} = \frac{\psi' + \psi'' - 2\psi}{\Delta a'^2}.$$

Par conséquent :

$$M = - (P + b Q \sin \psi) \cdot \frac{\psi' - \psi''}{2 \Delta a'}$$

ou, si l'on veut exprimer M en degrés, comme il convient de le faire :

$$M = - 57,3 (P + b Q \sin \psi) \frac{\psi' - \psi''}{2 \Delta a'} \dots \dots \dots (9)$$

M étant trouvé, on a ensuite par la form. (6') la déviation de la boussole.

Si le cap, pour lequel on désire avoir φ , ne se trouve pas *précisément* au milieu entre les caps extrêmes $a' + \Delta a'$ et $a' - \Delta a'$, on peut faire usage de la valeur de $\frac{d^2 \psi}{da'^2}$ pour trouver

les valeurs de ψ et de $\frac{d\psi}{da'}$ qui correspondent au cap en question.

Les grandeurs qui entrent dans les formules sont de nature telle, que presque tous les calculs peuvent être faits d'avance.

En ce qui concerne P, dès que par l'observation à terre on a trouvé le nombre α , on peut construire une petite table des valeurs de P pour différents angles ψ . — Quant à Q, nombre qui demande le plus de calculs, on peut en faire une petite table servant pour *toutes* les boussoles d'intensité, et dont l'argument sera

$$b \cos \psi = \left(\frac{L}{r} \right)^2 \cos \psi = u. \text{ Ensuite, il est facile de construire,}$$

pour chaque boussole d'intensité en particulier, une table des valeurs de $(P + b Q \sin \psi) = A$. Il en sera de même quant aux termes $-(p + M q) \sin (2 a' - M) - (q - M p) \cos (2 a' - M) = B$ de l'expression (6'), pour chaque navire et chaque place de la boussole en particulier, aussitôt que les nombres r , p et q auront été observés.

Par cette voie on obtient donc, après avoir cherché dans les tables deux nombres A et B,

$$\varphi = - A \cdot \frac{\psi' - \psi''}{2 \Delta a'} + B \dots \dots \dots (10)$$

Ce qui recommande encore cette manière d'employer la boussole d'intensité, de préférence à celle que j'ai proposée dans mon Mémoire sur cet appareil, c'est, d'abord, qu'il est facile de répéter l'observation de $\frac{\psi' - \psi''}{2 \Delta a'}$, et que cela peut même se faire presque continuellement, parce qu'un navire sous voiles exécute toujours des mouvements plus ou moins sensibles à droite et à gauche de sa route; c'est, ensuite, que la déviation qu'on trouve n'est pas celle du navire *redressé*, mais celle qui a lieu pour l'inclinaison telle qu'elle existe au moment même; c'est, en troisième lieu, qu'on n'a besoin de connaître ni l'intensité horizontale i , ni l'inclinaison δ , et que néanmoins les angles observés ψ peuvent servir plus tard, le voyage achevé, à déterminer approximativement les constantes du magnétisme du navire, ce qui dans la suite, à l'aide des tables de Gauss, fera connaître, au moins à peu près, les grandeurs m et n pour le navire.

Il y a un cas particulier où les formules trouvées deviennent plus simples; ce cas, qui peut toujours être réalisé, est celui de $\psi = 90^\circ$.

En éloignant l'une de l'autre les aiguilles de la boussole d'intensité, lorsque ψ est $> 90^\circ$, ou en les rapprochant lorsque ψ est $< 90^\circ$, on peut toujours, avant de commencer l'observation, obtenir que l'angle ψ devienne $= 90^\circ$; on a alors:

$$Q = 0 \text{ et } P = \frac{1}{2} \cdot \frac{1 - \alpha^2}{1 + \alpha^2};$$

et par conséquent:

$$M = -28,6 \cdot \frac{1 - \alpha^2}{1 + \alpha^2} \cdot \frac{\psi' - \psi''}{2 \Delta a'}.$$

Il suit de là, que si dans ce cas on fait virer le navire de $14^\circ,3$ à droite et de $14^\circ,3$ à gauche, ou un peu moins à cause du facteur $\frac{1 - \alpha^2}{1 + \alpha^2}$; peu différent de l'unité, on a:

$$M = -(\psi' - \psi''),$$

c'est-à-dire, que la déviation φ (au terme B de (10) près) devient égale au changement de l'angle ψ .

Enfin, du signe *moins* placé devant le nombre A dans la form. (10), on déduit que la déviation est en général à l'est lorsque, pour un changement *est* de la route, l'angle φ *augmente*; en d'autres termes, la déviation a lieu du côté vers lequel ψ devient plus grand; ou, encore autrement: Si, pour un changement de route portant à droite ou sur tribord l'angle ψ *augmente*, la déviation *diminue*, (en tant que dépendante de M) est *orientale* ou *occidentale*.

Lorsque les nombres m et n sont zéro, on a pour la déviation, à très peu près:

$$\varphi = r + p \sin 2a' + q \cos 2a'.$$

Le nombre M aussi est alors petit, de sorte que, d'après (6) ou (6'), on aura encore d'une manière très approchée:

$$\varphi = M + r - p \sin 2a' - q \cos 2a'.$$

De ces deux équations on tire:

$$M = 2p \sin 2a' + 2q \cos 2a'.$$

Cette valeur de M répond donc au cas où, au moyen de barreaux aimantés placés au voisinage de la boussole d'intensité, celle-ci a été compensée exactement. Pour les caps N. et S., on doit alors avoir $M = +2q$; pour les caps E et O., $M = -2q$. Lorsque les barreaux aimantés placés près du compas sont immobiles, il coûtera peu de peine, en les faisant glisser convenablement, de maintenir le compas dans le même état, au moins à peu près. Du reste, l'emploi de barreaux aimantés ne change évidemment rien à la solution précédente, puisque m et n sont éliminés. Une bonne disposition des barreaux procure seulement l'avantage que les variations de ψ restent petites, et que par conséquent la boussole présente peu de déviation. On pourrait aussi, si on le voulait, employer un barreau aimanté pour rendre l'angle $\psi = 90^\circ$; cet emploi, toutefois, n'est peut-être pas à conseiller.

Quant à l'installation de la boussole d'intensité à bord d'un navire, le mieux sera de la placer à l'intérieur, dans la chambre du capitaine, ou, mieux encore, plus en avant, dans la chambre com-

mune au milieu de la largeur, aussi loin que possible de toute masse de fer, en un point où l'observation soit facile. Le placer, comme la boussole de route, sur le pont, à l'air libre, serait certainement moins avantageux, surtout en cas de mauvais temps.

A bord des navires en fer, ou des navires en bois à membrures en fer, sur lesquels les déviations de la boussole sont généralement grandes, je crois utile de compenser aussi, au moins en grande partie, la boussole d'intensité, au moyen de barreaux aimantés, selon la méthode d'Airy. Mais il faut alors avoir soin de placer les barreaux de telle sorte, que le centre de chacun d'eux soit à la même distance des centres des deux aiguilles de la boussole d'intensité. Les barreaux aimantés doivent donc se trouver dans un plan horizontal passant par le milieu de la distance entre les deux aiguilles. Afin que l'action des barreaux sur les deux aiguilles ne varie pas lorsque le navire penche, il faut qu'il y ait deux de ces barreaux de force égale (ou à peu près égale), placés à la même distance de la boussole d'intensité, l'un à *droite*, l'autre à *gauche*, et dirigés suivant la longueur du navire, les pôles de même nom tournés tous les deux vers l'avant ou tous les deux vers l'arrière. On peut aussi placer une paire de barreaux aimantés en travers du navire, l'un devant, l'autre derrière la boussole d'intensité; mais cela est en général moins nécessaire, parce que le mouvement de tangage est plus faible et de plus courte durée que le mouvement de roulis.

Si, par l'observation des *changements* que l'angle ψ des aiguilles éprouve lorsque le navire est détourné un peu (d'environ $1\frac{1}{2}$ rumbs, par exemple) à droite et à gauche de sa route, on a trouvé la déviation φ , et qu'alors on enlève une des aiguilles, l'autre aura la déviation φ , et on pourra donc aussi, au moyen de quelques comparaisons répétées avec la boussole de route, déterminer la déviation de celle-ci. Les deux boussoles restent naturellement à leur place; la comparaison se fera, par exemple, au moyen de la lecture simultanée, à *haute voix*, des caps indiqués.

Les observations que mon fils, A. A. Stamkart, a faites avec la boussole d'intensité (voir l'article ci-après), montrent que, même

en cas de tempête, l'angle ψ des aiguilles peut encore être observé à une couple de degrés près, si l'on ne fait usage que des instants favorables, tandis que, par un temps plus maniable, l'erreur ordinaire ne dépasse pas 1° . Après le retour de mon fils, — probablement au commencement de l'année prochaine, — je déterminerai de nouveau la force des aiguilles de la boussole d'intensité dont il s'est servi. Ensuite, j'espère être à même de donner une première série d'intensités horizontales observées sur mer, tout le long de la route des Indes. Provisoirement, je puis communiquer que la ligne du maximum de l'intensité horizontale a été coupée, à l'ouest de l'Afrique, environ par 5° lat. nord et 21° long. à l'ouest de Greenwich.

A la suite de cette Note, je donne deux petites tables. La *première* a pour objet, après qu'on a déterminé par des observations à terre la demi-distance moyenne L des deux pôles, tant pour l'une que pour l'autre aiguille, — aiguilles qui sont supposées égales de forme et de grandeur, et à très peu près dans le même état magnétique, — de faire trouver la valeur de $b = \frac{L^2}{h^2 + 2L^2}$, correspondante à une valeur donnée de la distance h des aiguilles.

La *seconde* table, qui sert pour toutes les boussoles d'intensité, fait connaître la valeur de l'expression Q , lorsqu'on a préalablement calculé $b \cos \varphi = u$.

$$\text{Valeur de } \frac{L^2}{h^2 + 2L^2} = b$$

Distance des aiguilles.	L = $\frac{1}{2}$ distance des pôles d'une aiguille.			
= h	50 mm.	60 mm.	70 mm.	80 mm.
50 mm.	0,33333	0,37114	0,39839	0,41830
60	0,29075	0,33333	0,36567	0,39024
70	0,25253	0,29751	0,33333	0,36159
80	0,21930	0,26471	0,30248	0,33330
90	0,19084	0,23529	0,27374	0,30622
100	0,16666	0,20930	0,24746	0,28071
110	0,14620	0,18653	0,22374	0,25700
120	0,12917	0,16667	0,20248	0,23529
130	0,11416	0,14938	0,18351	0,21549
140	0,10162	0,13428	0,16666	0,19752
150	0,09091	0,12121	0,15170	0,18130
160	0,08169	0,10976	0,13842	0,16684
170	0,07375	0,09972	0,12661	0,15347
180	0,06685	0,09091	0,11611	0,14159
190	0,06083	0,08320	0,10683	0,13098
200	0,05556	0,07627	0,09839	0,12119

$$\text{Valeur de } 3 \cdot \frac{(1 - 2b \cos \psi)^{-\frac{5}{2}} - (1 + 2b \cos \psi)^{-\frac{5}{2}}}{(1 - 2b \cos \psi)^{-\frac{5}{2}} + (1 + 2b \cos \psi)^{-\frac{5}{2}}} = Q. \text{ Angle des aiguilles} = \psi$$

Lorsqu'on a $\psi > 90^\circ$, et par conséquent $b \cos \psi$ négatif, Q est aussi négatif.

$b \cos \psi = u$	Q	$b \cos \psi = u$	Q	$b \cos \psi = u$	Q	$b \cos \psi = u$	Q	$b \cos \psi = u$	Q
0,000	0,000	0,070	1,017	0,140	1,849	0,210	2,422	0,280	2,757
0,005	0,075	0,075	1,083	0,145	1,899	0,215	2,452	0,285	2,773
0,010	0,150	0,080	1,149	0,150	1,947	0,220	2,483	0,290	2,789
0,015	0,225	0,085	1,214	0,155	1,994	0,225	2,512	0,295	2,804
0,020	0,299	0,090	1,278	0,160	2,039	0,230	2,539	0,300	2,818
0,025	0,373	0,095	1,341	0,165	2,084	0,235	2,566	0,305	2,831
0,030	0,447	0,100	1,402	0,170	2,127	0,240	2,591	0,310	2,844
0,035	0,520	0,105	1,463	0,175	2,169	0,245	2,615	0,315	2,856
0,040	0,593	0,110	1,523	0,180	2,209	0,250	2,638	0,320	2,867
0,045	0,665	0,115	1,580	0,185	2,247	0,255	2,660	0,325	2,878
0,050	0,737	0,120	1,636	0,190	2,285	0,260	2,682	0,330	2,888
0,055	0,809	0,125	1,692	0,195	2,321	0,265	2,702	0,335	2,898
0,060	0,880	0,130	1,746	0,200	2,356	0,270	2,720	0,340	2,906
0,065	0,949	0,135	1,798	0,205	2,390	0,275	2,739	0,345	2,915
0,070	1,017	0,140	1,849	0,210	2,422	0,280	2,757	0,350	2,923

L'INTENSITÉ HORIZONTALE

DU

MAGNÉTISME TERRESTRE,

observée au moyen de la boussole d'intensité,
à bord du navire Petronella-Catharina,
cap. C. H. van der Veen, pendant un voyage de Batavia
à Macao, suivi du retour à Batavia et de là en Hollande,
par A. A. Stamkart, en 1860 et 1861.

COMMUNIQUÉ PAR

F. J. STAMKART.

Les observations, dont j'ai l'honneur de présenter les résultats à l'Académie, ont été faites par mon fils, A. A. Stamkart, alors second à bord du navire Petronella-Catharina (mort en 1869). L'appareil qui a servi à ces observations est la même boussole d'intensité que j'ai soumise à l'Académie dans la séance du 27 novembre 1858, et dont les éléments, nécessaires pour calculer l'intensité à l'aide de l'angle observé des aiguilles, ont été communiqués dans le Mémoire sur ce sujet, que l'Académie a bien voulu publier. — Cette boussole a été emportée par mon fils, qui, dès le moment où le navire a mis à la voile, au Nieuwe-Diep, l'a observée journellement. Malheureusement, il y avait à bord une charge considérable de fer, d'où devait naturellement résulter une influence perturbatrice sur l'angle des aiguilles. J'avais espéré pouvoir déterminer, après le retour du navire, la grandeur de cette action pertur-

batrice, à l'aide des observations elles-mêmes et d'une nouvelle étude des éléments de la boussole. Mais, pour deux raisons, cela n'a pas pu se faire avec une exactitude suffisante. D'abord, on n'avait pas eu l'occasion, avant la mise à la voile, ou peu de temps après, d'observer l'angle des aiguilles pour différents caps du navire. Il est vrai qu'à Batavia, et surtout après que le fer eut été déchargé, mon fils n'a pas négligé de faire ces observations; mais, à cette latitude, l'influence magnétique du fer sur la boussole est beaucoup plus faible qu'ici, et d'ailleurs la grandeur des angles des aiguilles pour différents caps, telle qu'elle était à Amsterdam ou du moins au voisinage de nos côtes, restait toujours inconnue. La seconde circonstance qui rendait difficile d'utiliser convenablement les observations faites pendant le voyage du Nieuwe-Diep à Batavia, c'est que, après le retour, la force magnétique des aiguilles fut trouvée diminuée. Je crois donc préférable de communiquer seulement les résultats qui ont été obtenus après que le fer eut été déchargé, résultats dont la plupart peuvent être regardés, ainsi qu'on le verra plus loin, comme suffisamment exempts de toute influence magnétique perturbatrice. En outre, on peut admettre que, pendant le voyage de Batavia à Macao et le retour à Batavia et ensuite en Hollande, la force des aiguilles a peu ou point changé: 1° parce que, comme l'on sait, à mesure qu'il s'est écoulé plus de temps depuis la dernière aimantation, la perte de force des aimants d'acier diminue de plus en plus, et enfin cesse presque entièrement; 2° parce que l'angle des aiguilles, pour la même distance de l'une à l'autre, a été trouvé à Batavia, avant et après le voyage de Macao, c'est-à-dire à plus de 5 mois d'intervalle, presque *exactement le même*.

Les observations avaient lieu, soit dans la cabine du second, où la boussole se trouvait habituellement, soit dans la chambre commune, sur une table placée dans l'axe du navire, où le compas était installé passagèrement. Près de l'équateur, et durant la traversée de Batavia à Macao, aller et retour, on trouva peu ou point de différence entre les angles observés dans la cabine et dans la chambre commune. Pour ce motif, et peut-être aussi

lorsque les circonstances ne se prêtaient pas bien au déplacement de la boussole, il y a eu des jours où l'angle des aiguilles n'a été observé que dans la cabine. Après le départ de Batavia, et faisant voile pour la Hollande, on reconnut, toutefois, qu'à des latitudes plus élevées il existait une différence de plus en plus grande entre les angles observés dans la cabine et ceux observés dans la chambre commune, ce qui était une conséquence naturelle de l'action magnétique du fer entrant dans la construction des bordages, fer dont on était beaucoup plus près dans la cabine que dans la chambre. A partir de ce moment, les angles ont presque toujours été observés deux fois, dans la cabine et dans la chambre commune; ce n'est que lorsque le temps ou le vent, et les manœuvres qui en étaient la conséquence, mettaient obstacle à cette répétition, qu'on s'est borné à observer dans la cabine.

L'emplacement de la boussole dans la chambre commune, sur la table, s'est trouvé, après le retour en Hollande, avoir été choisi très heureusement, car, pour des caps différents, l'angle dans la chambre commune restait presque le même, ce qui naturellement n'était pas le cas dans la cabine et n'avait pas lieu non plus au même degré, ni dans la chambre du capitaine ni sur le pont, pour la boussole de route. — Les observations dans la chambre commune peuvent donc être regardées comme suffisamment affranchies de l'influence perturbatrice du fer du navire, au moins pour les latitudes où celui-ci s'est trouvé.

Les observations, sur lesquelles reposent les déterminations d'intensité qui seront communiquées plus loin, sont, prises dans l'ordre des temps, les suivantes :

Les 18 et 19 avril 1860.

En rade de *Batavia*. Distance des aiguilles = 125 mm.

Cap, ou rumb marqué.	Dans la cabine.	Dans la chambre commune.	Dans la chambre du capitaine.
N à O	48°,36 5 obs.	47°,50 2 obs.	47°,0 2 obs.
SSE	48°,00 3 »	47°,30 3 »	48°,2 3 »
Moyenne :	48°,18	47°,40	47°,60

Le 6 juin 1860.

En rade de *Macao*. Distance des aiguilles 125 mm.

Cap, ou rumb marqué.	Dans la cabine.	Dans la chambre commune.
E SE $\frac{1}{2}$ E	52°,7 2 obs.	50°,0 2 obs.
E $\frac{3}{4}$ N	49°,8 2 »	
NO	49°,0 2 »	51°,0 2 »
N à E		51°,0 2 »
NE	52°,52 3 »	
NO à N	50°,3 1 »	
Moyenne:	<u>50°,86</u>	<u>50°,67</u>

Les 29 et 30 septembre et 1^{er} octobre 1860.En rade de *Batavia*. Distance des aiguilles 125 mm.

Cap, ou rumb marqué.	Dans la cabine.	Dans la chambre commune.
E	47°,25 16 obs.	48°,37 8 obs.
N à E	46°,10 10 »	
O à S	47°,21 7 »	
SO $\frac{1}{2}$ S	48°,00 10 »	46°,66 6 »
NNE $\frac{1}{2}$ E		46°,90 12 »
N à E $\frac{1}{2}$ E		47°,57 9 »
SO $\frac{1}{4}$ O		46°,98 11 4
NO $\frac{1}{2}$ N		46°,25 4 »
NNE		47°,00 4 »
SE à S		47°,87 8 »
Moyenne:	<u>47°,14</u>	<u>47°,20 52 »</u>

Un *tour d'horizon*, nouvelle moyenne: 46°,96 22 »

Moyenne générale: 47°,12

Le 1^{er} avril 1861.A *Amsterdam*, dans ma maison, au grenier.

Distance des aiguilles.	Angle des aiguilles.	Différence des angles de chaque aiguille avec le méridien.
165 mm.	64°,50	4°,12
145 »	100°,82	7°,90
125 »	128°,62	13°,88
105 »	149°,49	23°,61

A l'aide de ces dernières observations, j'ai déterminé de nouveau, d'après les formules suivantes, tirées de ma *Théorie de la boussole d'intensité*, les éléments qui doivent servir à calculer l'intensité, celle d'Amsterdam étant prise pour unité.

Soient: La distance des aiguilles entre elles h

La distance des pôles magnétiques au centre des aiguilles

(supposée la même pour les deux aiguilles). L

Les angles des aiguilles avec le méridien magnétique . . . φ et φ'

En outre, α et A des nombres constants; on a alors:

$$r^2 = h^2 + 2L^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$u = \left(\frac{L^2}{r^2}\right) \cos(\varphi + \varphi') \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{séc. } z = \frac{1}{2\sqrt{(1+2u)^3}} + \frac{1}{2\sqrt{(1-2u)^3}} \dots \dots (3)$$

$$\text{tang } \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) = \alpha \text{ tang } \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi) \dots \dots \dots (4)$$

$$i = \frac{A}{r^3} \cdot \frac{\cos \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi)}{\cos \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) \cos z} \dots \dots \dots (5)$$

Pour rendre plus facile, ou plutôt pour éviter le calcul de l'expression (3), on fait usage de la table auxiliaire donnée plus haut, p. 228 ¹⁾).

J'ai trouvé ainsi:

$$\alpha = 0,057460 \dots \dots \dots \text{Log } \alpha = 8,759368$$

$$L = 61,3 \text{ mm.}$$

$$\frac{i}{A} = 0,13388 \pm 0,00057 \dots \dots \dots \text{Log } \frac{A}{i} = 0,873284$$

Au mois de novembre 1858, c'est-à-dire, 2 ans $\frac{1}{2}$ auparavant, j'avais trouvé pour ces grandeurs:

$$\alpha = 0,06165 \qquad L = 63,0 \text{ mm.} \qquad \frac{i}{A} = 0,1255,$$

Le rapport $1 + \alpha : 1 - \alpha$ des moments magnétiques des aiguilles s'est donc un peu rapproché de l'égalité, c'est-à-dire, l'aiguille la plus énergique a perdu un peu plus de sa force, l'aiguille la

¹⁾ Voyez aussi l'ouvrage périodique de la Marine: *Verhandelingen en berigten betreffende het Zeevezen en de Zeevaartkunde*, par Jacob Swart (1860) No. 1, 1^{ère} part.

plus faible un peu moins. En même temps, les pôles se sont un peu rapprochés du centre, de sorte que, si les nombres donnés ci-dessus sont assez exacts pour trancher la question, le bras L et la force M du couple ML ont diminué l'un et l'autre.

A l'aide des valeurs de α , L et A, déduites des observations du 1^{er} avril, et en supposant à Amsterdam $i = 1$, j'ai d'abord calculé, pour les distances auxquelles étaient placées les aiguilles durant ces observations, savoir, 105, 125, 145 et 165 mm., quatre petites tables, au moyen desquelles on trouve la grandeur de l'intensité i , qui correspond à une grandeur déterminée de l'angle ψ .

Ces tables sont les suivantes :

Angle des aiguilles.	Distance des aiguilles = 105 mm.		Distance des aiguilles = 125 mm.		Distance des aiguilles = 145 mm.		Distance des aiguilles = 165 mm.	
	i	Diff.	i	Diff.	i	Diff.	i	Diff.
ψ								
0°	.....	.....	.....	.....	1.770.6	— 140	1.261.4	— 85
10	.....	.....	.....	.....	1.756.6	405	1.252.9	238
20	.....	.....	.....	.....	1.716.1	629	1.229.1	380
30	.....	.....	.....	.....	1.653.2	802	1.191.1	490
40	.....	.....	2.246.2	—1557	1.573.0	901	1.142.1	573
50	.....	.....	2.090.5	1576	1.482.9	959	1.084.8	630
60	.....	.....	1.932.9	1423	1.387.0	974	1.021.8	665
70	.....	.....	1.780.6	1434	1.289.6	968	0.955.3	
80	2.290.4	—1947	1.637.2	1343	1.192.8	956		
90	2.095.7	1715	1.502.9	1275	1.097.2	952		
100	1.924.2	1592	1.375.4	1261	1.002.0	972		
110	1.765.0	1573	1.249.3	1285	0.904.8			
120	1.607.7	1719	1.120.8	1380				
130	1.435.8	1896	0.982.8					
140	1.236.2	2378						
150	0.998.4							

Je donne maintenant (voir plus loin) le tableau des observations faites à bord du Petronella-Catharina, tant dans la cabine que dans la chambre commune, prises en moyenne de quatre en quatre jours. Le tableau contient la *date moyenne*, à $\frac{1}{2}$ jour près; la *latitude*

et la *longitude* moyennes; la route moyenne, exprimée par le nombre des *rumbs* à l'est du Nord, de 0 à 32; la *distance des aiguilles*, l'angle *mesuré moyen*, et l'*intensité* correspondante. Lorsque le nombre des mesures, dont on a pris la moyenne, diffère de 4, le tableau l'indique.

La ligne du maximum de l'intensité horizontale a été coupée trois fois par la route du navire, ou plutôt coupée deux fois et approximativement suivie une fois.

Le premier maximum tombe dans la traversée de *Batavia* à *Macao*, savoir par

7° à 8° lat. N et 108° à 109° long. à l'Est de Greenwich; ce maximum s'élève à très peu près à 2,200, ou un peu au-dessus.

Le second maximum, là où le navire a presque suivi la ligne maximum, se trouve à environ

0 à 1° lat. S. et 129° long E,

et atteint environ la valeur 2,225, d'après l'observation dans la chambre, ou une valeur un peu moindre, savoir 2,199, d'après l'observation dans la cabine. En moyenne, on peut prendre 2,212.

Le troisième maximum a été rencontré à l'ouest de l'Afrique, lors du retour en Hollande, savoir par

2° à 3° lat. N et 22 long. 0;

ce maximum va environ à 1,770, ou un peu au-delà.

Il serait intéressant de réduire les différentes *intensités* en mesure absolue d'après Gauss. Pour cela, je ne puis donner que les observations, ou plutôt les résultats des observations faites à Utrecht; ces résultats, qu'a bien voulu me communiquer M. Buys-Ballot, sont les suivants:

8 juin 1855	intensité = 1,7463	déterminée par Krecke.
1 janvier 1858	» = 1,7661	Lamont.
27 septembre 1859	» = 1,773	Krecke.
juillet 1862	» = 1,77 etc.	Bergsma.

Cette dernière détermination est, suivant l'observateur, un peu

incertaine; toutefois, comme l'intensité diminue dans la direction du nord et de l'ouest, ce nombre 1,770 peut être adopté comme valeur très approchée pour Amsterdam. Les intensités trouvées seront alors exprimées en mesure absolue, d'après Gauss, en les multipliant par le nombre 1,770; pour la réduction en mesure anglaise, le facteur sera: $1,770 \times 2,1688 = 3,8388$.

D'après les observations faites à la boussole d'intensité, l'intensité moyenne à Batavia, d'avril à septembre 1860, était à peu près $= 2,133$; par conséquent, en mesure *absolue anglaise*, $= 8,188$. En 1848, M. Elliot avait trouvé la valeur 7,897. Les observations que nous attendons de M. Bergsma pourront servir à contrôler ces résultats.

Date moyenne.	Latitude moyenne.	Longitude moyenne.	Distance des aiguilles.	Route moy. Rumbs à l'est de N.	Dans la cabine.	
					Angle moy. $\varphi + \varphi'$	Intensité i
1860						
Oct. 22	27° 4'	56° 59'	{ 125 } { 145 }	24	{ 3×111.63 } { 1× 79.20 }	1.246
" —	27 12	57 18	{ 125 } { 145 }	23	...	...
" 25	28 35	51 27	145	24½	82.75	1.166
" 31	31 0	41 32	"	24	86.95	1.126
Nov. 4	31 39	34 1	{ 145 } { 165 }	29	{ 89.00 } { 43.60 }	1.115
" 6	32 25	30 25	165	23	...	...
" 7	34 18	28 47	{ 145 } { 165 }	...	{ 1×88.8 } { 4×39.85 }	1.136
" 10	34 54	22 17	{ 165 } { 145 }	25	{ 3×37.88 } { 1×87.2 }	1.146
" 14	34 43	20 26	165	28	36.8	1.159
" 15	33 1	15 56	"	30	...	...
" 17	30 0	10 55	"	30	24.85	1.210
" 19	25 28	5 29 E	145	30	71.1	1.281
" 23	17 30	3 32 O	"	31	54.75	1.437
" 25	14 57	6 8	{ 145 } { 125 } { 105 }	30	...	...
" 27	11 50	9 57	145	30	...	...
" 28	11 13	10 37	"	30½	37.50	1.594
" 30	6 56	14 29	{ 145 } { 125 }	30½	{ 2×29.5 } { 2×76.2 }	1.674
Déc. 4	1 45 S	19 0	125	31½	72.25	1.748
" 8	4.25 N	22 41	"	0	70.37	1.775
" 12	9 35	27 13	"	28½	72.75	1.742
" 16	15 22	33 46	"	30½	78.50	1.665
" 21	21 31	37 16	{ 125 } { 145 }	1	{ 2×86.7 } { 2×47.5 }	1.525
" 25	26 44	35 39	{ 145 } { 125 }	3	60.07	1.386
" 29	36 8	32 48	145	3	84.7	1.150
1861						
Janv. 1	40 45	30 0	{ 145 } { 165 }	6½	{ 2×94.6 } { 4×55.3 }	1.055
" —	40 31 N	29 31	{ 145 } { 165 }	5	...	...
" 4	42 52	23 12	165	7½	62.4	1.006
" 8	45 48	15 8	"	8½	64.45	0.992
" 11	47 7	11 6	"	5½	66.85	0.976
" 17	49 7	7 41 O	"	7	66.60	0.978
" 22	51 43	1 38 E	"	3	68.0	0.968

OBSERVATIONS

de la boussole d'intensité, faites à bord du navire *Petronella Catharina*, capitaine C. H. VAN DER VEEN, par le second A. A. STAMKART, pendant un voyage de Batavia à Macao, suivi du retour à Batavia et de là en Néerlande.

Date moyenne.	Latitude moyenne.	Longitude moyenne.	Distance des aiguilles.	Route moy. Rumbs à l'est de N.	Dans la cabine.		Dans la chambre.		Observations.
					Angle moy. $\varphi + \varphi'$	Intensité. i	Angle moy. $\varphi + \varphi'$	Intensité. i	
1860									
Avril ...	6 8 S	116 53 E	125	4	...	...	47° 40	2.1312	En moyenne à Batavia.
" 22	près de Batavia.		"	...	...	...	48.7	2.111	1 observation.
" 23	5° 30'	107° 0'	"	3	47° 65	2.127	...	...	NB. Lorsque le nombre des observations n'est pas indiqué, les moyennes sont toujours le résultat de quatre observations.
" 26	3 38	107 15	"	2	46.55	2.144	...	...
" —	3 30	107 18	"	$\frac{1}{2}$	...	...	46.77	2.141	
" 29	0 0	107 1	"	0	45.36	2.163	...	...	3 observations.
" 30	0 38 N	106 54	"	30 $\frac{1}{2}$	...	...	44.7	2.173	3 "
Mai 3	4 15	107 10	"	29	43.37	2.194	...	...
" 4	4 50	107 12	"	30 $\frac{1}{2}$	...	...	43.4	2.194	3 "
" 5	6 4	107 55	"	3	...	...	43.75	2.188	2 "
" 6	7 30	108 38	"	3	43.02	2.199	...	...
" 10	11 12	110 16	"	2	43.20	2.197	...	...
" 15	13 41	112 1	"	2 $\frac{1}{2}$	45.12	2.167	...	...
" 17	15 12	113 3	"	4 $\frac{1}{2}$	...	...	46.0	2.153	1 "
" 20	16 14	113 52	"	1 $\frac{1}{2}$	47.55	2.129	...	...
" 24	20 0	114 12	"	31	49.25	2.102	...	...
Juin ...	22 11	113 34	"	Moyenne	50.86	2.0784	50.76	2.0800	En moyenne à Macao.
" 18	20 53	113 31	"	12	50.55	2.081	...	...
" 21	19 19	117 25	"	8	50.30	2.087	...	...
" 25	18 21	123 29	"	12 $\frac{1}{2}$	53.80	2.030	...	...
Juillet 1	15 9	129 56	"	19	50.34	2.086	...	...
" 5	11 50	128 14	"	13	48.8	2.109	...	...
" 9	8 54	128 22	"	13 $\frac{1}{2}$	47.8	2.122	...	...
" 13	6 5	129 45	"	15	45.8	2.156	...	...
" 16	4 54	130 54	"	17	...	...	44.3	2.179	1 observation.
" 17	3 41	131 1	"	16	46.6	2.144	...	...
" 20	2 6	129 14	"	17	...	...	43.5	2.192	2 observations.
" 21	1 51 N	129 31	"	14 $\frac{1}{2}$	44.75	2.172	...	...
" 25	0 40 S	128 54	"	...	43.05	2.199	41.35	2.225	2 "
Août 1	3 43	123 49	"	19 $\frac{1}{2}$	43.70	2.189	...	...
" 4	5 44	117 28	"	20	42.70	2.204	...	...
" 7	5 25	109 40	"	18	45.2	2.165	...	...
Septembre	6 8	116 53	"	Moyenne	47.08	2.1362	47.12	2.1356	En moyenne à Batavia.
Oct. 3	6 35	103 49	"	22	45.25	2.118	48.15	2.119	
" 9	12 55 S	89 4	"	22	62.75	1.893	64.5	1.866	Ces observations ont toutes été faites par un fort roulis et sont par conséquent un peu moins bonnes.
" 13	19 36	75 2	"	22	86.85	1.546	...	...
" 14	21 6	71 44	"	22	...	...	92.0	1.477	2 observations dans la chambre.
" 18	24 47	63 28	"	22	104.72	1.316	103.8	1.330	

Date moyenne.	Latitude moyenne.	Longitude moyenne.	Distance des aiguilles.	Route moy. Rumbs à l'est de N.	Dans la cabine.		Dans la chambre.		Observations.
					Angle moy. $\varphi + \varphi'$	Intensité. i	Angle moy. $\varphi + \varphi'$	Intensité. i	
1860									
Oct. 22	27° 4'	56° 59'	{ 125 } { 145 }	21	{ 3×111.63 } { 1× 79.20 }	1.246	...	...
" —	27 12	57 18	{ 125 } { 145 }	23	...	...	{ 1×110.3 } { 1× 75.2 }	1.242	2 observations dans la chambre.
" 25	28 35	51 27	145	24½	82.75	1.166	81.00	1.183	Navire ballotté, mais pourtant obs. assez bonnes.
" 31	31 0	41 32	"	24	86.95	1.126	87.0	1.126	Fortement ballotté; obs. assez bonnes, mais quelquefois difficiles.
Nov. 4	31 39	34 1	{ 145 } { 165 }	29	{ 89.00 } { 43.60 }	1.115	{ 2×87.0 } { 2×40.5 }	1.132	Fortement ballotté; obs. très difficiles, bonnes et assez bonnes.
" 6	32 25	30 25	165	23	...	...	40.1	1.142	Navire ballotté; obs. difficile, 1 dans la chambre.
" 7	34 18	28 47	{ 145 } { 165 }	...	{ 1×88.8 } { 4×39.85 }	1.136	...	...	Navire ballotté; obs. difficiles, 5 dans la cabine.
" 10	34 54	22 17	{ 165 } { 145 }	25	{ 3×37.88 } { 1×87.2 }	1.146	{ 3×38.05 } { 1×84.2 }	1.152	Obs. assez bonnes.
" 14	34 43	20 26	165	28	36.8	1.159	...	...
" 15	33 1	15 56	"	30	...	...	28.8	1.188	Ballotté; obs. bonnes et assez bonnes.
" 17	30 0	10 55	"	30	24.85	1.210	...	...	Fortement ballotté; obs. difficiles, assez bonnes.
" 19	25 28	5 29 E	145	30	71.1	1.281	70.92	1.280	
" 23	17 30	3 32 O	"	31	54.75	1.437	53.8	1.446	
" 25	14 57	6 8	{ 145 } { 125 } { 105 }	30	...	...	{ 2× 48.0 } { 1× 89.7 } { 1×126.6 }	1.502	
" 27	11 50	9 57	145	30	...	...	39.2	1.579	1 observation dans la chambre.
" 28	11 13	10 37	"	30½	37.50	1.594	...	...
" 30	6 56	14 29	{ 145 } { 125 }	30½	{ 2×29.5 } { 2×76.2 }	1.674	{ 2×27.7 } { 2×76.1 }	1.678	
Déc. 4	1 45 S	19 0	125	31½	72.25	1.748	71.75	1.755	
" 8	4.25 N	22 41	"	0	70.37	1.775	70.75	1.770	
" 12	9 35	27 13	"	28½	72.75	1.742	74.15	1.722	
" 16	15 22	33 46	"	30½	78.50	1.665	78.07	1.628	
" 21	21 31	37 16	{ 125 } { 145 }	1	{ 2×86.7 } { 2×47.5 }	1.525	{ 3×89.33 } { 2×49.45 }	1.509	4 obs. dans la cabine, 5 obs. dans la chambre.
" 25	26 44	35 39	{ 145 } { 125 }	3	60.07	1.386	{ 4×58.6 } { 1×99.7 }	1.398	Navire ballotté; obs. difficiles, assez bonnes et bonnes.
" 29	36 8	32 48	145	3	81.7	1.150	...	...	Obs. un peu incertaines, à cause du gros temps.
1861									
Janv. 1	40 45	30 0	{ 145 } { 165 }	6½	{ 2×94.6 } { 4×55.3 }	1.055	...	...	Navire ballotté; obs. difficiles, assez bonnes, quelquefois bonnes.
" —	40 31 N	29 31	{ 145 } { 165 }	5	...	...	{ 1×87.2 } { 2×45.0 }	1.117	Navire ballotté; 3 obs. assez bonnes et difficiles.
" 4	42 52	23 12	165	7½	62.4	1.006	48.5	1.100	Navire ballotté; obs. incertaines, bonnes et assez bonnes.
" 8	45 48	15 8	"	8½	64.45	0.992	50.95	1.079	Peu et beaucoup de roulis; obs. bonnes et moins bonnes.
" 11	47 7	11 6	"	5½	66.85	0.976	53.8	1.061	Obs. assez bonnes.
" 17	49 7	7 41 O	"	7	66.60	0.978	56.57	1.014	Obs. bonnes et assez bonnes.
" 22	51 43	1 38 E	"	3	68.0	0.968	62.0	1.008	Obs. bonnes.

Dans la chambre.		Observations.
Angle moy. $\varphi + \varphi'$	Intensité. i	
...	...	
{ 1×110.3 } 1×75.2	1.242	2 observations dans la chambre.
81.00	1.183	Navire ballotté, mais pourtant obs. assez bonnes.
87.0	1.126	Fortement ballotté; obs. assez bonnes, mais quelquefois difficiles.
{ 2×87.0 } 2×40.5	1.132	Fortement ballotté; obs. très difficiles, bonnes et assez bonnes.
40.1	1.142	Navire ballotté; obs. difficile, 1 dans la chambre.
...	...	Navire ballotté; obs. difficiles, 5 dans la cabine.
{ 3×38.05 } 1×84.2	1.152	Obs. assez bonnes.
...	...	
28.8	1.188	Ballotté; obs. bonnes et assez bonnes.
...	...	Fortement ballotté; obs. difficiles, assez bonnes.
70.92	1.280	
53,8	1.446	
{ 2×48.0 } 1×89.7	1.502	
{ 1×126.6 } 39.2	1.579	1 observation dans la chambre.
...	...	
{ 2×27.7 } 2×76.1	1.678	
71.75	1.755	
70.75	1.770	
74.15	1.722	
78.07	1.628	
{ 3×89.33 } 2×49.45	1.509	4 obs. dans la cabine, 5 obs. dans la chambre.
{ 4×58.6 } 1×99.7	1.398	Navire ballotté; obs. difficiles, assez bonnes et bonnes.
...	...	Obs. un peu incertaines, à cause du gros temps.
...	...	Navire ballotté; obs. difficiles, assez bonnes, quelquefois bonnes.
{ 1×87.2 } 2×45.0	1.117	Navire ballotté; 3 obs. assez bonnes et difficiles.
48.5	1.100	Navire ballotté; obs. incertaines, bonnes et assez bonnes.
50.95	1.079	Peu et beaucoup de roulis; obs. bonnes et moins bonnes.
53.8	1.061	Obs. assez bonnes.
56.57	1.044	Obs. bonnes et assez bonnes.
62.0	1.008	Obs. bonnes.

SYSTEMA
P E R C A R U M
REVISUM,

AUCT.

PETRO BLEEKER.

PARS I^a.

PERCAE.

Pisces teleostei, acanthopterygii corpore oblongo brevi vel sublongato compresso, squamis normalibus ctenoideis vel cycloideis vestito. Caput compressum, oculis lateralibus liberis non palpebratis, naribus utroque latere duplicibus, ossibus suborbitalibus non cum praeoperculo articulatis. Maxillae dentibus acutis vel obtusis, rarissime nullis. Branchiae appendicibus labyrinthiformibus nullis. Membrana branchialis radiis 4 ad 7. Venter, regiones dorsalis et analis et latera caudae scutis osseis carinatis vel armatis spinisque nullis. Abdomen vagina laterali nuda nulla. Linea lateralis simplex, carinis vel scutis vel spinis nullis, rarissime deficiens. Papilla analis nulla. Pinnae bene evolutae; dorsalis parte spinosa et parte radiosa bene distinctis, parte radiosa indivisa pinnulis spuriiis nullis; pectorales radiis liberis nullis; ventrales thoracicae vel postthoracicae, nunquam jugulares vel abdominales, spina unica et radiis 4 vel 5 anterioribus sequentibus longioribus; analis spinis liberis nullis; caudalis radiis plus quam 11 plurimis membrana intermedia mobilibus. Ossa pharyngealia inferiora vulgo libera; ubi coalita squamae ctenoideae vel sulcus abdominalis medianus nudus, vel radii caudales fissi 15.

I. Familia PERCOIDEI.

Percae corpore oblongo vel subelongato squamis vulgo ctenoideis rarius cycloideis vestito; capite nunquam plus duplo longiore quam alto; ore antico vel subantico; maxillis dentibus acutis vel obtusis (rarissime nullis) nunquam sagittatis vel in fasciam setosam scopinatis, ubi incisivis pinnis verticalibus nunquam dense squamatis; apertura branchiali sub gula continua vel ubi inconspicua vel interrupta pinna dorsali duplice vel usque ad basin incisa; pinnis verticalibus plicatilibus nunquam dense squamatis vel strato squamularum rigidis; dorsali spinis osseis non transversim striatis; pectoralibus non digitatis dimidio inferiore radiis incrassatis simplicibus nullis; ventralibus radiis fissis 5; anali dorsali radiosa longiore ad minus triplo brevior radiis minus quam 20, parte spinosa parte radiosa non longiore; ossibus pharyngealibus inferioribus vulgo non unitis et ubi coalitis pinna caudali radiis fissis 15; vesica aërea non fimbriata; appendicibus pyloricis. B. 5 ad 7.

Subfamilia CENTRARCHIFORMES.

Percoidei corpore oblongo-ovali, capite superne squamato; squamis trunco imbricatis; inguinibus squama elongata nulla; pinnis radiis laevibus, dorsali indivisa, pectoralibus radiis subsuperioribus ceteris longioribus.

1. *Dentes palatini. Os maxillare accessorium. Operculum biangulatum. Squamae ctenoideae. Pinnae dorsalis et analis aequilongae.*

POMOXYS Raf. (1820) = Hyperistius Gill.

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo brevior spinis 6 ad 8 et radiis 15 vel 16. Analis spinis 6 et radiis 17 vel 18.

Spec. typ. *Pomoxys hexacanthus* = *Centrarchus hexacanthus* CV.

CENTRARCHUS Cuv. (1829).

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa longiore, spinis 11 vel 12 et radiis 13 vel 14. Analis parte spinosa et parte radiosa subaequilongis, spinis 8 vel 9 et radiis 15.

Spec. typ. *Centrarchus irideus* CV.

2. *Pinna dorsalis anali longior.*

a. *Analis spinis 4 ad 7. Dentes palatini. Os maxillare accessorium.*

AMBLOPLITES Raf. (1820) = Archoplites Gill.

Operculum biangulatum. Squamae ctenoideae. Dorsalis parte spinosa parte radiosa multo longiore, spinis 10 ad 13 et radiis 8 ad 12. Analis spinis 5 ad 7 et radiis 9 ad 11. Caudalis emarginata.

Spec. typ. *Ambloplites aeneus* = *Centrarchus aeneus* CV.

ACANTHARCHUS Gill (1864).

Operculum biangulatum. Squamae cycloideae. Dorsalis spinis 10; analis spinis 5 vel 6. Caudalis convexa.

Spec. typ. *Acantharchus pomotis* Gill.

HEMIOPLITES Cope (1868).

Operculum integrum in lobum productum. Squamae ctenoideae. Dorsalis parte spinosa et parte radiosa subaequilongis, spinis 8 et radiis 11. Analis spinis 4 et radiis 10. Caudalis convexa.

Spec. typ. *Hemioplites simulans* Cope.

b. *Analis spinis 3. Squamae ctenoideae.*

LEPOMIS Raf. (1818) = *Ichthelis*, *Calliurus*, *Pomotis* Raf. = *Bryttus* CV.

Dentes palatini vel nulli; pharyngeales conici vel valde obtusi. Os maxillare accessorium nullum. Operculum integrum in lobum productum. Dorsalis spinis 10 et radiis 10 ad 12. Analis radiis 8 ad 12. Caudalis emarginata.

Spec. typ. *Ichthelis macrochir* Raf. = *Labrus auratus* Raf.

MESOGONISTIUS Gill (1864).

Dentes palatini. Os maxillare accessorium nullum. Operculum biangulatum. Dorsalis spinis 10 et radiis 11. Analis radiis 12. Caudalis convexa.

Spec. typ. *Mesogonistius chaetodon* Gill = *Bryttus chaetodon* Baird.

CHAENOBRYTTUS Gill (1864).

Dentes palatini; pharyngeales conici. Os maxillare accessorium. Operculum integrum in lobum productum. Dorsalis spinis 10 et radiis 10 vel 11. Analis radiis 9. Caudalis emarginata.

Spec. typ. *Chaenobryttus melanops* Gill = *Calliurus melanops* Gir.

ENNEACANTHUS Gill (1864).

Dentes palatini. Os maxillare accessorium. Operculum biangulatum. Dorsalis spinis 9. Caudalis convexa.

Spec. typ. *Enneacanthus obesus* Gill.

Subfamilia **PRIACANTHIFORMES**.

Percoidei corpore oblongo-ovali vel subrhomboideo; capite superne, lateribus maxillisque squamato, ore supero; inguinibus squama elongata nulla; pinnis, dorsali indivisa et anali radiis spinulis scabris; caudali radiis fissis 14; dorsali spinis 10; pectoralibus radiis subsuperioribus ceteris longioribus.

PRIACANTHUS Cuv. (1817).

Dentes intermaxillares tri- ad quadriseriati, inframaxillares anteriores biseriati laterales uniseriati. Praeoperculum crista intramarginali serrata nulla. Squamae trunco cristula intramarginali transversa scabra margine libero edentulae, 70 ad plus quam 100 in serie longitudinali. Pinnae spinis gracilibus non sulcatis, dorsalibus postrorsum longitudine accrescentibus.

Spec. typ. *Priacanthus macrophthalmus* Cuv.

PSEUDOPRIACANTHUS Blkr (1868).

Dentes utraque maxilla pluriseriati. Praeoperculum crista intramarginali denticulata. Squamae trunco cristula intramarginali scabra nulla, margine libero denticulatae, 50 ad 60 in serie longitudinali. Pinnae spinis validis sulcatis, dorsalibus mediis ceteris longioribus.

Spec. typ. *Pseudopriacanthus niphonius* Blkr.

Subfamilia **SERRANIFORMES**.

Percoidei corpore oblongo; capite squamato; squamis trunco imbricatis; inguinibus squama elongata nulla; pinnis, dorsali indivisa basi vagina squamosa libera nulla, pectoralibus radiis mediis ceteris longioribus, anali spinis 3.

Phalanx Anthianini.

Serraniformes capite superne cristis serratis nullis; ossibus supramaxillaribus squamis regulariter imbricatis; palato dentato.

1. *Spinnae dorsales* 10. *Dentes maxillis ex parte canini.*
Praeoperculum serratum.

a. *Caput superne et rostro squamatum.* B. 7.

DACTYLANTHIAS Blkr (1871).

Dentes linguales et pterygoidei nulli. Maxilla inferior alepidota. Squamae trunco 40 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis validis, pectorales radiis omnibus simplicibus, analis radiosa dorsali radiosa plus duplo brevior, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Dactylanthias apiodactylus* Blkr.

ANTHIAS Bl. (1792) = *Aylopon* Raf.

Dentes linguales et pterygoidei nulli. Maxilla inferior squamata. Squamae trunco 36 ad 40 in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis

spinis mediocribus 3^a producta, pectorales radiis fassis, analis radiosa dorsali radiosa duplo circ. brevior, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Anthias sacer* Bl.

ODONTANTHIAS Blkr (1872).

Dentes linguales. Praeoperculum angulo spina postrorsum spectante. Squamae trunco 40 circ. in serie longitudinali. Pinnae, pectorales radiis fassis, analis radiosa dorsali radiosa duplo circ. brevior, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Anthias rhodopeplus* Günth.

PSEUDANTHIAS Blkr (1871) = *Caesioperca* Cast.

Dentes linguales et pterygoidei nulli. Maxilla inferior squamata. Squamae trunco 40 ad 60 in serie longitudinali. Pinnae, pectorales radiis fassis, analis radiosa dorsali radiosa plus duplo brevior, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Pseudanthias pleurotaenia* Blkr.

CAPRODON Schl. (1843) = *Holanthias* Günth.

Dentes linguales, pterygoidei. Maxilla inferior squamata. Squamae trunco 50 ad 60 in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis mediocribus spina producta nulla, pectorales radiis fassis, analis radiosa dorsali radiosa duplo brevior, caudalis convexa.

Spec. typ. *Caprodon Schlegeli* Blkr.

PLECTRANTHIAS Blkr (1872). Genus incertum.

Squamae trunco 35 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spina 3^a producta, caudali rotundata.

Spec. typ. *Plectropoma anthioides* Günth.

b. *Caput fronte et rostro alepidotum.* B. 8.

HEMANTHIAS Steind. (1874).

Squamae trunco 54 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spina 3^a producta, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Anthias (Hemanthias) peruanus* Steind.

2. *Spinæ dorsales* 8 vel 9. *Praeoperculum serratum*. *Maxilla inferior squamata*. *Pectorales radiis fissis*. B. 7.

GLAUCOSOMA Schl. (1843).

Dentes maxillis canini nulli. Squamae trunco 50 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis 8 vel 9 postrorsum longitudine accrescentibus; analis radiosa dorsali radiosa non multo brevior, caudalis integra.

Spec. typ. *Glaucosoma Bürgeri* Rich.

BRACHYRHINUS Gill (1862) = *Paranthias* Guich.

Dentes maxillis ex parte canini. Squamae trunco 90 ad plus quam 100 in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis 9, analis radiosa dorsali radiosa duplo circ. brevior, caudalis biloba.

Spec. typ. *Brachyrhinus furcifer* = *Brachyrh. creolus* Gill.

3. *Spinæ dorsales* 11. *Praeoperculum edentulum*. B. 6.

CALLANTHIAS Lowe (1839).

Dentes maxillis ex parte canini; linguales et pterygoidei nulli. Squamae trunco 40 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis gracilibus, analis radiosa et dorsalis radiosa subaequilongae, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Callanthias peloritanus* Günth. = *Callanthias paradiseus* Lowe.

Phalanx Polypriontini.

Serraniformes capite superne operculoque cristis osseis serratis, pinnis spinis ex parte sulcato-serratis, dorsali spinis 11.

POLYPRION Cuv. (1817).

Dentes maxillis canini nulli. Dentes vomerini, palatini, linguales. Orbitae, os praeorbitale et praeoperculum serrata. Squamae trunco plus quam 100 in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinosa radiosa longior, analis radiosa dorsali radiosa brevior.

Spec. typ. *Polyprion cernium* Cuv.

Phalanx **Epinephelini.**

Serraniformes capite superne cristis serratis nullis; osse supra-maxillari alepidoto vel squamis minimis tantum; dentibus maxillis pharyngealibusque acutis; pinnis spinis laevibus, caudali radiis fissis 15.

1. *Caput fronte et rostro alepidotum.*

a. *Dentes maxillis canini nulli.*

CENTROPRISTES Cuv. (1829).

Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Operculum spinis 2 vel 1. Pinnae dorsalis et analis alepidotae, dorsalis spinis 10, spina producta nulla.

Spec. typ. *Centropristes nigricans* CV.

DULES CV. (1829).

Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Operculum spinis 10 spina 3^a in setam producta.

Spec. typ. *Dules auriga* CV.

AULACOCEPHALUS Schl. (1843).

Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Operculum spinis 3. Pinnis dorsalis spinis 9. Squamae trunco plus quam 70 in serie longitudinali.

Spec. typ. *Aulacocephalus Temmincki* Blkr.

TRACHYPOMA Günth. (1859), nec Gieb.

Praeoperculum spinis deorsum spectantibus. Squamae trunco 65 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 12.

Spec. typ. *Trachypoma macracanthus* Günth.

b. *Dentes maxillis ex parte canini; canini inframaxillares laterales.*

SINIPERCA Gill (1862) = Plectroperca Peters (1864).

Dentes serie externa intermaxillares anteriores et inframaxillares laterales ex parte ceteris longiores. Squamae genis, praeoperculo maxillisque nullae. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus. Squamae trunco cycloideae valde parvae. Pinnae dorsalis et analis alepidotae, dorsalis spinis 12.

Spec. typ. *Siniperca chuatsi* Gill.

PARASERRANUS Blkr (1872).

Dentes maxillis seriebus internis immobiles, intermaxillares antice serie externa et serie interna, inframaxillares serie externa antici et laterales ex parte canini. Genae squamatae. Maxillae alepidotae. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Squamae trunco ctenoideae. Pinnae dorsalis et analis alepidotae, dorsalis spinis 10.

Spec. typ. *Paraserranus Hasseltii* Blkr.

SERRANUS Cuv. (1817) = Diplectrum Holbr. = Prionodes Jen.
= Paralabrax Gir. = Atractoperca, Haliperca, Pronotogrammus Gill.

Dentes maxillis seriebus internis mobiles, serie externa intermaxillares anteriores inframaxillares anteriores et laterales ex parte canini. Genae squamatae. Maxillae alepidotae. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Pinnae dorsalis et analis squamatae, dorsalis spinis 10.

Spec. typ. *Serranus scriba* et *cabrilla* Cuv.

VARIOLA Swns. (1839) = Pseudoserranus Klunz.

Dentes maxillis seriebus internis mobiles, intermaxillares antici et inframaxillares antici et laterales ex parte canini. Genae squamatae. Maxillae alepidotae. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Pinnae dorsalis et analis squamatae, dorsalis spinis 9.

Spec. typ. *Variola louti* = *Variola longipinna* Swns.

HYPOPLECTRUS Gill (1861) = Hypoplectrodes, Gonioplectrus Gill.

Dentes intermaxillares anteriores, inframaxillares anteriores et

laterales ex parte canini. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus. Genae squamatae. Pinnae dorsalis et analis squamatae, dorsalis spinis 8 ad 10.

Spec. typ. *Hypoplectrus puella* Gill.

PARACANTHISTIUS Blkr (1873) = Plectropoma Gill (nec Cuv.)

Dentes maxillis seriebus internis mobiles, intermaxillares antici et inframaxillares antici et laterales ex parte canini. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus. Genae et maxilla inferior squamatae. Pinnae dorsalis et analis squamatae, dorsalis spinis 6 ad 10.

Spec. typ. *Paracanthistius leopardinus* Blkr.

2. *Caput vertice, fronte et genis squamatum. Pinnae dorsalis et analis squamatae. Dentes canini inframaxillares laterales nulli.*

ACANTHISTIUS Gill (1862) = Plectropoma CV. (nec Cuv.).

Dentes utraque maxilla anteriores canini. Dentes palatini. Maxilla inferior alepidota. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus. Pinna dorsalis spinis 12 vel 13.

Spec. typ. *Acanthistius serratus* Gill.

ANYPERODON Günth. (1859).

Dentes intermaxillares antici canini, inframaxillares canini nulli. Dentes palatini nulli. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Pinna dorsalis spinis 11.

Spec. typ. *Anyperodon leucogrammicus* Günth.

EPINEPHELUS Bl. (1793) = Cephalopholis Bl. Schn. = Cynichthys, Uriphaeton Swns. = Phaetonichthys Blkr = Prospinus Poey = Labroperca, Mycteroperca, Bodianus, Enneacentrus, Petrometopon, Promicrops, Schistorus, Menephorus, Hyporhodus Gill = Priacanthichthys Day.

Dentes intermaxillares antici canini. Dentes palatini. Maxilla inferior squamata. Praeoperculum serratum vel leviter denticulatum. Pinna dorsalis spinis 9 vel 11.

Spec. typ. *Epinephelus afer* Bl.

PAREPINEPHELUS Blkr (1873) = Cerna Bp. (1834)??

Dentes maxillis biseriati, anteriores canini parvi. Dentes palatini. Maxilla inferior squamata. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Pinna dorsalis spinis 12. Caudalis truncata.

Spec. typ. *Serranus acutirostris* Val.

GONIOPERCA Gill (1862).

Dentes maxillis canini nulli. Dentes palatini. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Squamae trunco ctenoideae. Pinna dorsalis spinis 10.

Spec. typ. *Gonioperca albomaculata* Gill.

CROMILEPTES Swns. (1839) = Serranichthys Blkr = Lioperca Gill.

Dentes maxillis canini nulli. Dentes palatini. Maxilla inferior squamata. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Squamae trunco cycloideae. Pinna dorsalis spinis 10 vel 11.

Spec. typ. *Cromileptes altivelis* Swns.

Phalanx Myriodontini.

Serraniformes capite superne cristis serratis nullis; dentibus maxillis, palato et pharynge conicis obtusis et graniformibus vel molaribus; ossibus pharyngealibus inferioribus coadunatis; caudali radiis fissis 12.

CENTROGENYS Rich. (1842) = Myriodon Bris.

Dentes breves. Caput superne, lateribus et inferne squamatum. Praeoperculum spinis antrorsum directis. Operculum spina unica. Squamae trunco ctenoideae 40 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis 14 et radiis 10 vel 11, analis radiis 4 ad 6.

Spec. typ. *Centrogenys waigiensis* Blkr = (Centrogenys) Centropristes scorpaenoides Rich.

Subfamilia GRAMMISTEIFORMES.

Percoidei corpore oblongo, capite squamato; palato dentato; squamis cycloideis verticillatis non imbricatis cute immersis; inguinibus squama elongata nulla; praeoperculo et operculo dentibus spinaeformibus armatis; pectoralibus radiis mediis ceteris longioribus.

GRAMMISTES Art. vel Gron. ? (1758) nec Bl. Schn. = Pogonoperca Günth.

Dentes parvi. Caput superne maxillisque alepidotum. Maxilla inferior apice lobo carnosio. Pinnae dorsalis parte spinosa et parte radiosa non vel basi tantum continuis, spinosa radiosa non brevioris spinis 7 vel 8.

Spec. typ. *Grammistes orientalis* Bl. Schn.

SMECTICUS Val. (1855) = Dermatolepis Gill.

Dentes parvi. Caput superne squamatum. Maxilla inferior lobo carnosio nullo. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis subaequilongis, spinis 10 vel 11.

Spec. typ. *Smecticus bicolor* Val.

RYPTICUS Cuv. (1829) = Rhypticus Günth. = Promicropterus Gill = Eleutheractis Cope.

Dentes parvi. Caput superne squamatum. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa pluritoties brevioris, spinis 2 vel 3.

Spec. typ. *Rypticus saponaceus* CV.

Subfamilia PERCAEFORMES.

Percoidei corpore oblongo vel subelongato; capite squamato; squamis trunco imbricatis; inguinibus squama elongata nulla; pinna dorsali basi vagina squamosa libera nulla, parte spinosa et parte radiosa non vel dimidio inferiore tantum continuis; pectoralibus rotundatis; anali spinis 2 vel 3.

Phalanx **Diplopriontini.**

Percaeformes corpore oblongo-ovali; capite superne alepidoto rugoso scabro; squamis trunco minimis; pinna dorsali parte spinosa et parte radiosa non contiguis; parte radiosa spina nulla; anali spinis 2.

DIPLOPRION K. V. H. apud CV. (1828).

Dentes parvi maxillis, vomerini, palatini; vomerini in thurmas 2 approximatas dispositi. Caput genis, praeoperculo et operculo tantum squamatum. Pinnae dorsalis et analis alepidotae, dorsalis spinis 8. Pectorales radiis mediis ceteris longioribus. Caudalis convexa. B. 7.

Spec. typ. *Diploprion bifasciatum* K. V. H.

Phalanx **Apogonini.**

Percaeformes capite superne nec rugoso nec scabro; squamis trunco magnis deciduis; pinna dorsali parte spinosa et parte radiosa subaequilongis, spinosa spinis 6 ad 8, radiosa spina unica et radiis 7 ad 10.

1. *Pinnae dorsalis et analis alepidotae. Caput genis et ossibus opercularibus tantum squamatum.*

a. *Dentes canini nulli. Squamae ctenoideae.*

AMIA Gron. (1763) nec L. (1766) = Apogon, Osteorhynchus Lac. = Apogonichthys Blkr = Monoprion Poey = Archamia, Lepidamia, Glossamia Gill = Mionorus Krefft = Pristiapogon Klunz.

Dentes vomerini et palatini. Linea lateralis conspicua. Pinnae dorsales non continuae. Analis spinis 2. B. 7.

Spec. typ. *Amia percaeformis* Gron. = *Amia moluccensis* Blkr ?

VINCENTIA Cast. (1872). — Genus non satis cognitum.

Dentes palatini nulli. Pinnae dorsales non-vel subcontinuae.
Oculi magni.

Spec. typ. *Vincentia Waterhousii* Cast.

NANNOPERCA Günth. (1861).

Dentes vomerini et palatini. Linea lateralis conspicua nulla.
Pinnae dorsales basi continuae. Analis spinis 3. B. 6.

Spec. typ. *Nannoperca australis* Günth.

SMERDIS Ag. (1833). fossil.

Os praeorbitale et praeoperculum denticulata. Pinnae dorsales
basi continuae. Analis spinis 3. Caudalis biloba.

Spec. typ. *Smerdis micracanthus* Ag.

PERCAMIA Blkr = *Microperca* Cast. (1872) nec Putnam (1863).

Dentes vomerini et palatini. Os praeorbitale denticulatum.
Praeoperculum edentulum. Linea lateralis conspicua. Pinnae dorsales
basi continuae. Analis spinis 3. Caudalis convexa.

Spec. typ. *Microperca Yarrae* Cast.

MICROICHTHYS Rüpp. (1853). Genus non satis cognitum.

Crista orbito-opercularis postice acuta. Linea lateralis sub
initio dorsalis radiosae incipiens. Pinnae dorsales non continuae.

Spec. typ. *Microichthys Coccoi* Rüpp.

b. *Dentes maxillis ex parte canini, vomerini et palatini.*
Linea lateralis conspicua. Pinnae dorsales non continuae.

ACROPOMA Schl. (1843).

Dentes maxillis anteriores ex parte canini. Praeoperculum
edentulum. Squamae ctenoideae. Anus ventralibus quam anali
propior. Pinnae, dorsalis anterior spinis 8, analis spinis 3, caudalis
emarginata.

Spec. typ. *Acropoma apogonides* Blkr.

PARAMIA Blkr (1874) = Cheilodipterus CV. (nec Lac.).

Dentes maxillis ex parte canini subulati. Squamae ctenoideae. Anus anali quam ventralibus propior. Pinnae, dorsalis anterior spinis 6, analis spinis 2, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Paramia macrodon* Blkr.

PSEUDAMIA Blkr (1874).

Dentes maxillis ex parte canini. Squamae cycloideae. Pinnae, dorsalis anterior spinis 6, analis spinis 2, caudalis convexa.

Spec. typ. *Pseudamia polystigma* Blkr.

2. *Pinnae dorsales et analis squamatae. Caput superne, lateribus et maxillis squamatum.*

TELESCOPS Blkr = Pomatomus CV. (nec Lac.).

Dentes parvi maxillis, vomerini; palatini nulli. Praeoperculum edentulum. Linea lateralis conspicua. Pinnae, dorsales non continuae anterior spinis 7, analis spinis 2, caudalis biloba.

Spec. typ. *Pomatomus telescopium* Risso.

Phalanx Grysteini.

Percaeformes corpore oblongo vel subelongato, capite superne squamato vel laevi; dentibus maxillis, vomerinis et palatinis parvis; praeoperculo edentulo inermi; squamis trunco parvis vel mediocribus sessilibus; anali spinis 3.

HURO CV. (1828).

Corpus oblongum. Caput vertice, regione temporali, genis ossibusque opercularibus tantum squamatum. Squamae trunco cycloideae? 65 circ. in serie longitudinali. Pinnae dorsales non continuae, anterior radiosa brevior spinis 6.

Spec. typ. *Huro nigricans* CV.

MICROPTERUS Lac. (1802) = Dioplites Raf. = Grystes CV.

Corpus oblongum. Caput genis ossibusque opercularibus tantum

squamatum. Squamae trunco ctenoideae 90 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis subaequilongis, spinis 9 vel 10.

Spec. typ. *Microptère Dolomieu* Lac. = *Grystes salmonoides* CV.

PIKEA Steind. (1874).

Corpus oblongum. Caput, labiis exceptis, ubique squamatum. Squamae trunco ctenoideae 47 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis, spinis 8.

Spec. typ. *Pikea lunulata* Steind. = *Grystes lunulatus* Guich. ?

OLIGORUS Günth. (1859).

Corpus subelongatum. Caput superne, lateribus maxillisque squamatum. Squamae trunco 100 vel plus in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis, spinosa radiosa longiore spinis 11.

Spec. typ. *Oligorus macquariensis* Günth.

STEREOLEPIS Ayr. (1858). (Characteres forsitan rite determinandi).

Corpus oblongum. Caput superne lateribusque squamatum. Squamae trunco cycloideae. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa non continuis, spinosa radiosa multo longiore spinis 9, radiosa spinis 2.

Spec. typ. *Stereolepis gigas* Ayr.

LIOPROPOMA Gill (1861) = *Chorististium* Gill. (Genus rite determinandum).

Caput superne lateribusque squamatum. Squamae . . ? — Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa non vel leviter continuis, parte anteriore spinis 5 vel 6, parte radiosa spinis 3 ad 4.

Spec. typ. *Liopropoma aberrans* Gill = *Perca aberrans* Poey.

Phalanx Labracini.

Percaeformes corpore oblongo vel subelongato, capite superne squamato vel laevi; dentibus maxillis, vomerinis, palatinis parvis;

praeoperculo armato; squamis trunco mediocribus vel parvis sessilibus; anali spinis 3.

1. *Squamae ctenoideae. Ossa capitis non lacunosa.*

LABRAX Klein (1749) nec Pallas = Dicentrarchus Gill.

Caput fronte et vertice squamatum. Lingua edentula. Maxilla inferior longior. Os praeorbitale edentulum. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus. Operculum spinis 2. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa non continuis, spinosa spinis 9.

Spec. typ. *Labrax lupus* Cuv.

LATEOLABRAX Blkr (1854) = Perca-Labrax Schl.

Caput fronte et vertice squamatum. Lingua edentula. Maxilla inferior longior. Os praeorbitale edentulum. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus. Operculum spina unica. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis, spinosa spinis 12.

Spec. typ. *Lateolabrax japonicus* Blkr = *Labrax japonicus* CV.

PLECTROPOMA Cuv. (1817) nec CV. 1828 = Lates CV. = Cyclopoma Ag.

Caput superne vertice tantum squamatum. Dentes pterygoidei; linguales rudimentarii vel nulli. Maxilla inferior longior. Os praeorbitale serratum. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus. Operculum spina unica. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa contiguus vel continuis, spinosa spinis 7 vel 8.

Spec. typ. *Plectropoma calcarifer* Cuv.

MORONE Mitch. (1814) = Roccus Mitch. = Lepibema Raf.

Caput fronte et vertice squamatum. Dentes linguales. Maxillae subaequales. Praeorbitale edentulum. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Operculum spinis 2. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis vel contiguus, parte spinosa spinis 9. Caudalis emarginata.

Spec. typ. *Morone americana* Gill = *Morone rufa* Mitch.

NIPHON CV. (1828).

Caput fronte et vertice squamatum. Maxilla inferior longior. Os praeorbitale serratum. Praeoperculum angulo spina postrorsum spectante. Operculum spinis 3. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis, spinosa radiosa plus duplo longior, spinis 12.

Spec. typ. *Niphon spinosus* CV.

PSAMMOPERCA Rich. (1848). = Cnidon Müll. Trosch.

Caput fronte et vertice squamatum. Dentes obtusiusculi, pharyngeales ex parte graniformes. Dentes linguales. Maxilla inferior brevior. Nares valde distantes. Os praeorbitale edentulum. Praeoperculum angulo spina postrorsum spectante. Operculum spina parva. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa contiguis vel subcontinuis, parte spinosa spinis 7. Caudalis convexa.

Spec. typ. *Psammoperca waigiensis* Blkr = *Psammoperca datnioides* Rich.

HYPOPTERUS Gill (1861).

Dentes linguales. Os praeorbitale serratum. Praeoperculum angulo spina triangulari carinata. Operculum spina nulla. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis, spinosa spinis 8.

Spec. typ. *Hypopterus macropterus* Gill = *Psammoperca macroptera* Günth.

OXYLABRAX Blkr = *Centropomus* Cuv. 1829 (nec Cuv. 1817 nec Lac).

Caput vertice et fronte alepidotum. Dentes linguales nulli. Maxilla inferior longior. Os praeorbitale serratum. Praeoperculum spinis deorsum spectantibus nullis. Operculum spina vera nulla. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa non continuis, spinosa spinis 8. Caudalis emarginata.

Spec. typ. *Centropomus undecimalis* CV.

b. *Squamae ctenoideae. Ossa capitis lacunosa.*

PERCICHTHYS Gir. (1854) = Percilia Gir. = Percosoma Gill.

Caput vertice et fronte squamatum. Dentes linguales nulli. Praeoperculum dentibus deorsum spectantibus. Operculum spina unica. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis, spinosa spinis 9 vel 10.

Spec. typ. *Percichthys chilensis* Gir.

c. *Squamae cycloideae.*

ACTENOLEPIS Dybowski (1872). Genus non satis cognitum.

Caput superne medio vertice et fronte alepidotum regione temporali squamatum. Dentes linguales nulli. Praeoperculum spinis majoribus nullis. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa continuis. B. 7.

Spec. typ. *Actenolepis Ditmarii* Dybowski.

Phalanx Percini.

Percaeformes corpore oblongo vel subelongato; capite superne laevi vel squamato; praeoperculo serrato, squamis trunco sessilibus ctenoideis parvis; pinna dorsali parte spinosa spinis 12 ad 15, anali spinis 2.

PERCA Art.

Corpus oblongum. Caput superne alepidotum. Dentes canini nulli. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo longiore spinis 13 ad 15.

Spec. typ. *Perca fluviatilis* L.

CENTROPOMUS Lac. (1802) nec Cuv. = Stizostedion Raf. = Lucioperca Cuv. = Sandrus Stark.

Corpus subelongatum. Caput superne plus minusve squamatum. Dentes maxillis ex parte canini. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa non ad paulo longiore spinis 12 ad 14.

Spec. typ. *Centropomus sandat* Lac. = *Lucioperca sandra* Cuv.

Subfamilia ACERINAEFORMES.

Percoidei corpore oblongo vel subelongato; capite alepidoto ossibus lacunosus; squamis trunco imbricatis; inguinibus squama elongata nulla; pinna dorsali continua basi vagina squamosa libera nulla, pectoralibus rotundatis radiis mediis ceteris longioribus; anali spinis 2.

PERCIS Klein (1749) nec Bl. Schn. = *Acerina* Cuv.

Corpus oblongum. Rostrum obtusum. Maxillae aequales. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa duplo fere longiore spinis 13 ad 15.

Spec. typ. *Acerina cernua* Cuv.

GYMNOCEPHALUS Bl. (1793).

Corpus subelongatum. Rostrum conicum acutum. Maxilla superior inferiore longior. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa plus duplo longiore spinis 17 ad 19.

Spec. typ. *Gymnocephalus schraitzer* Bl.

PERCARINA Nordm. (1840).

Corpus subelongatum. Praeoperculum crista intramarginali serratum. Squamae magnae. Pinna dorsalis parte anteriore et parte posteriore subaequilongis, spinis parte anteriore 10 parte posteriore 3.

Spec. typ. *Percarina Demidoffi* Nordm.

Subfamilia DATNIAEFORMES.

Percoidei corpore oblongo capite squamato superne alepidoto; squamis trunco imbricatis; inguinibus squama elongata nulla; pinna dorsali basi vagina squamosa propria libera, parte spinosa et parte radiosa continuis; pectoralibus radiis subsuperioribus ceteris longioribus; anali spinis 2 vel 3.

1. *Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa dimidio basali saltem unitis, parte spinosa radiosa longiore. Squamae ctenoideae.*

a. *Maxillae dentatae.* B. 6.

Therapon CV. (1829) = *Datnia*, *Pelates*, *Helotes* CV. = *Pterapon* Gr. = *Mesopristes* Blkr.

Dentes maxillis. Dentes vomerini et palatini rudimentarii vel nulli, pterygoidei nulli. Caput superne osseum rugosum. Os praeorbitale et praeoperculum serrata. Spinae dorsalis 12 vel 13. Dorsalis et analis radiosae subaequilongae.

Spec. typ. *Therapon jarbua* = *Therapon servus* CV.

Subgen. *Datnia* CV. (1829) = *Mesopristes* Blkr.

Dentes maxillis pluriseriati conici indivisi. Spec. typ. *Datnia argentea* CV.

» *Pelates* CV. (1829).

Dentes maxillis conici indivisi; intermaxillares triseriati, mandibulares biseriati. Spec. typ. *Pelates quadrilineatus* CV.

» *Helotes* CV. (1829).

Dentes maxillis pluriseriati subtricuspidati. Spec. typ. *Helotes sexlineatus* CV.

Plectroplites Gill (1862) = *Ctenolates* Günth. = *Murraya*, *Riverina* Cast.

Dentes, maxillis pluriseriati, vomerini, palatini. Caput superne laeve. Praeoperculum serratum. Spinae dorsales 10 ad 12. Analis radiosa dorsali radiosa brevior. Caudalis convexa.

Spec. typ. *Plectroplites ambiguus* Gill = *Datnia?* *ambigua* Rich.

Paradules Klunz. (1872) nec Blkr.

Dentes maxillis, vomerini; palatini decidui. Praeoperculum edentulum. Squamae magnae (30 circ. in serie longitudinali). Spinae dorsales 8 ad 10. Caudalis truncato-convexa.

Spec. typ. *Paradules obscurus* Klunz.

MORONOPSIS Gill (1862) = Kuhlia Gill = Paradules Blkr (nec Klunz.).

Dentes maxillis pluriseriati, vomerini, palatini, pterygoidei. Caput superne laeve. Os praeorbitale et praeoperculum serrata. Spinae dorsales 9 vel 10. Analis radiosa dorsali radiosae aequalis vel ea longior.

Spec. typ. *Moronopsis taeniurus* Gill.

b. *Maxillae edentulae*. B. 5.

MACQUARIA CV. (1830).

Dentes palato nulli. Caput superne laeve. Praeoperculum denticulatum. Spinae dorsalis 11. Analis radiosa dorsali radiosa brevior.

Spec. typ. *Macquaria australasica* CV.

2. *Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa subaequilongis infima basi tantum continuis. Squamae cycloideae parvae*. B. 7.

ENOPLOSUS Lac. (1802).

Dentes maxillis, vomerini, linguales; palatini nulli. Corpus subrhomboideum. Caput acutum superne laeve. Os praeorbitale et praeoperculum spinis serrata. Pinna dorsalis parte anteriore spinis 7 ad 9.

Spec. typ. *Enoplosus armatus* Lac.

3. *Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo brevior. Squamae parvae*.

HYPEROGLYPHE Günth. (1859).

Dentes maxillis acuti, uniseriati? Caput obtusum superne laeve porosum. Os praeorbitale et praeoperculum serrata. Squamae cycloideae. Spinae dorsales 9, analis 3.

Spec. typ. *Hyperoglyphe porosa* Günth.

PARISTIOPTERUS Blkr = Richardsonia Cast. (1872) nec Gir. nec Steind.

Dentes maxillis pluriseriati, laterales molares vel submolares.

Praeoperculum denticulatum. Labia crassa carnosae. Spinae dorsales 7, anales 2.

Spec. typ. *Richardsonia insignis* Cast. = *Histiopterus labiosus* Günth.

Subfamilia HISTIOPTERIFORMES.

Percoidei corpore oblongo valde elevato, capite lateribus tantum squamato, superne et operculo cristulis vel granulis osseis nudis rugoso; squamis trunco imbricatis; inguinibus squama composita; pinna dorsali indivisa basi vagina squamosa libera, parte spinosa parte radiosa pluritoties brevior; ventralibus sub basi pectoralium insertis; anali spinis 3; pectoralibus subfalcatis.

HISTIOPTERUS Schl. (1843?).

Dentes maxillis et pharynge pluriseriati conici obtusi vel submolares. Rostrum valde acutum. Os parvum. Os praeorbitale et praeoperculum serrata. Pinna dorsalis antice valde elevata spinis 4 et radiis 27. Analis spinis 3 dorsali radiosa plus duplo brevior. Caudalis truncata. B. 6.

Spec. typ. *Histiopterus typus* Schl.

Subfamilia PENTACEROTIFORMES.

Percoidei corpore oblongo-ovali, capite lateribus tantum squamato superne nudo cristulis vel granulis osseis rugoso; squamis lateribus imbricatis, regione thoraco-ventrali osseis juxtapositis; ventre plano; squamis inguinibus elongatis vel compositis nullis; pinnis, dorsali indivisa basi vagina squamosa libera nulla; ventralibus post basin pectoralium insertis; anali spinis 4 vel 5. B. 7.

PENTACEROS CV. (1829).

Dentes parvi maxillis, vomerini. Caput superne cristis vel tuberculis osseis prominentibus. Spinae dorsales 12, anales 5.

Spec. typ. *Pentaceros capensis* CV.

PSEUDOPENTACEROS Blkr.

Dentes parvi maxillis, vomerini. Caput superne cristis vel tuberculis osseis prominentibus nullis. Spinae dorsales 14, anales 4. Spec. typ. *Pentaceros Richardsonii* Smith.

Subfamilia SPARIFORMES.

Percoidei corpore oblongo vel subelongato, capite superne laevi vel squamato; squamis trunco imbricatis; inguinibus squamis elongatis; pinnis pectoralibus radiis subsuperioribus ceteris longioribus; ventralibus sub parte basali pectoralium insertis; anali spinis 3 vel 2.

Phalanx **Pristipomatini.**

Spariformes dentibus maxillis simplicibus conicis vel setaceis acutis, caninis nullis; vomere et ossibus palatinis edentulis; capite superne, fronte et vertice squamato; praeperculo serrato; pinna dorsali unica indivisa.

SCOLOPSIS Cuv. (1817) = Scolopsides Telf.

Dentes maxillis pluriseriati graciles acuti. Os praeorbitale postice armatum spina postrorsum spectante. Maxillae alepidotae, superior parum protractilis. Squamae trunco 35 ad 50 in serie longitudinali. Pinna dorsalis alepidota, parte spinosa parte radiosa longiore, spinis 10. Pectorales acutae. Caudalis emarginata. B. 5. Spec. typ. *Scolopsis kate* Cuv.

LOBOTES Cuv. (1829).

Os praeorbitale edentulum. Maxillae alepidotae, superior vix protractilis. Squamae 40 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis squamata, parte spinosa parte radiosa multo longiore et humiliore, spinis 12. Pectorales rotundatae. Caudalis convexa. B. 6.

Spec. typ. *Lobotes surinamensis* Cuv.

HAPALOGENYS Rich. (1844).

Maxillae squamatae, superior vix protractilis, inferior antice cirrato-villosa. Squamae 55 ad plus quam 100 in serie longitudinali. Pinna dorsalis dimidio basali squamata, parte spinosa parte radiosa multo longiore spinis 11 ad 14, antice spina procumbente. Pectorales acutiusculae. B. 6.

Spec. typ. *Hapalogenys nitens* Rich.

PLECTORHYNCHUS Lac. (1802) = *Diagramma* Cuv.

Maxilla superior alepidota parum protractilis. Labia carnosa. Squamae 50 ad 125 in serie longitudinali. Pinna dorsalis squamata sed vagina squamosa libera nulla, spinis 5 ad 14, antice spina procumbente nulla. Pectorales acutiusculae. B. 7.

Spec. typ. *Plectorhynchus chaetodonoides* Lac.

PARAPRISTIPOMA Blkr (1873).

Maxilla superior squamata inferiore longior. Labia gracilia. Squamae 90 ad 115 in serie longitudinali. Pinna dorsalis basi vagina squamosa libera, ceterum alepidota, parte spinosa parte radiosa longiore spinis 13 ad 15 antice spina procumbente nulla. Pectorales falcatae. B. 7.

Spec. typ. *Parapristipoma trilineatum* Blkr.

DIABASIS Desm. (1818?) 1^r Dec. ichth. = *Haemulon* CV. =

Orthopristis, *Orthostoechus*, *Microlepidotus* Gill.

Maxilla superior alepidota. Squamae 45 ad 60 in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo longiore spinis 12 ad 14, parte radiosa majore parte squamata. Pectorales subfalcatae. Caudalis emarginata. B. 7.

Spec. typ. Cuvier. *Haemulon elegans* Cuv.

POMADASYS Lac. (1802) = *Pristipoma* Cuv. = *Polotus* Blyth =

Genytremus, *Genyatremus*, *Anisotremus*, *Pristocantharus*, *Brachydeuteurus* Gill = *Haemulopsis* Steind.

Maxilla superior alepidota. Squamae 40 ad 80 in serie longi-

tudinali. Pinna dorsalis basi excepta alepidota, parte spinosa parte radiosa longiore, spinis 11 ad 13. Pectorales acutae. B. 7.

Spec. typ. *Pomadasys argenteus* Lac. = *Pristipoma argenteum* CV.

PygAEUS Ag. (1839). foss.

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa longiore spinis validis 10 ad 12 et radiis 20. Pectorales rotundatae. Caudalis integra A. 3/8 ad 3/12.

Spec. typ. *Pygaeus gigas* Ag.

CONODON CV. (1830) nec Conodus Ag.

Dentes maxillis serie externa fortiores conici. Squamae 55 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis squamata parte spinosa et parte radiosa basi tantum unitis subaequilongis, spinis 12. Pectorales acutae. Ventrals post basin pectoralium insertae.

Spec. typ. *Conodon Plumieri* CV.

PARACONODON Blkr.

Dentes maxillis serie externa fortiores conici. Squamae 47 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis indivisa squamata, parte spinosa parte radiosa duplo circ. longiore, spinis 12. Pectorales acutae. Ventrals paulo post basin pectoralium insertae.

Spec. typ. *Conodon pacifici* Günth.

DATNIOIDES Blkr (1853).

Maxillae alepidotae, superior valde protractilis, ramo intermaxillari adscendente frontem attingente. Membrana interbranchialis parum incisa. Squamae 50 ad 80 in serie longitudinali. Pinna dorsalis squamata, parte spinosa parte radiosa duplo circ. longiore, spinis 12. Pectorales rotundatae. Caudalis convexa. B. 6.

Spec. typ. *Datnioides quadrifasciatus* Blkr = *Datnioides polota* Blkr = *Chaetodon quadrifasciatus* Seuvast.

Phalanx **Maenini.**

Spariformes corpore oblongo-ovali vel subelongato; dentibus maxillis parvis acutis conicis vel setaceis, caninis nullis; dentibus vomerinis et palatinis rudimentariis vel nullis; maxilla superiore alepidota mediocriter ad valde protractili; praeoperculo non serrato; pinna dorsali indivisa spinis gracilibus.

MAENAS Klein (1749) = Spicara Raf. = Maena, Smaris Cuv.

Dentes maxillis pluriseriati, vomerini parvi vel nulli; palatini nulli. Maxilla superior valde protractilis. Caput regione temporali et ossibus opercularibus tantum squamatum. Squamae trunco ctenoideae horizontaliter seriatae. Pinna dorsalis alepidota parte radiosa parte spinosa non longiore, spinis 11. B. 6.

Spec. typ. *Sparus maena* L = Maena vulgaris CV.

PINJALO Blkr (1845).

Dentes maxillis pluriseriati et vomerini. Dentes palatini nulli. Maxilla superior mediocriter protractilis. Caput regione temporali et ossibus opercularibus tantum squamatum. Squamae trunco ctenoideae in series obliquas dispositae. Pinna dorsalis squamata parte spinosa parte radiosa longiore, spinis 11. B. 6.

Spec. typ. *Pinjalo typus* Blkr.

PARACAESIO Blkr (1873).

Dentes maxillis pluriseriati, vomerini, palatini. Caput vertice, fronte, regione temporali ossibusque opercularibus squamatum. Squamae trunco ctenoideae horizontaliter seriatae. Pinna dorsalis alepidota, spinis 10, parte radiosa parte spinosa non longiore. B. 7.

Spec. typ. *Paracaesio xanthurus* Blkr.

GYMNOCAESIO Blkr (1875).

Dentes maxillis minimi; vomerini et palatini nulli. Caput vertice, fronte, regione temporali ossibusque opercularibus squamatum. Maxillae in tubum horizontalem protractiles. Squamae trunco

ctenoideae horizontaliter seriatae. Pinna dorsalis alepidota, spinis 9, parte radiosa parte spinosa duplo circ. longiore. B. 6.

Spec. typ. *Gymnocaesio gymnopterus* Blkr.

CAESIO Comm. Lac. (1802).

Dentes maxillis pluriseriati; vomerini rudimentarii vel nulli; palatini nulli. Caput vertice, fronte, regione temporali ossibusque opercularibus squamatum. Squamae trunco ctenoideae horizontaliter seriatae. Pinna dorsalis squamata, spinis 9 ad 11, parte radiosa parte spinosa non ad non multo longiore. B. 6.

Spec. typ. *Caesio coeruleus* Lac.

LIOCAESIO Blkr (1875).

Dentes maxillis parvi; vomerini et palatini nulli. Caput vertice, fronte, regione temporali ossibusque opercularibus squamatum. Squamae trunco non ciliatae (Günther). Pinna dorsalis squamata spinis 13. B. 7.

Spec. typ. *Caesio cylindricus* Günth.

PTEROCAESIO Blkr (1875).

Dentes maxillis minimi uniseriati. Caput superne, praeoperculum et operculum dimidio superiore tantum squamatum. Squamae trunco horizontaliter seriatae. Pinna dorsalis squamata, spinis 11, parte radiosa parte spinosa duplo circ. longiore.

Spec. typ. *Caesio multiradiatus* Steind.

Phalanx Dipterygonotini.

Spariformes corpore subelongato; dentibus maxillis minimis vel nullis, palato edentulo; ore in tubum horizontale protractili; pinna dorsali bipartita, usque ad basin divisa vel spinis posterioribus solitariis, parte spinosa parte radiosa longiore.

CENTRACANTHUS Raf. (1810).

Dentes maxillis parvi. Caput superne medio alepidotum, fascia squamarum temporali distincta. Os supramaxillare alepidotum. Pinna dorsalis alepidota, spinis 13.

Spec. typ. *Centracanthus cirrus* Raf. = *Smaris insidiator* CV.

ERYTHRICHTHYS Schl. (1843?) nec Bonap. = Emmelichthys Rich. = Boxaodon Guich.

Dentes intermaxillares rudimentarii vel nulli. Caput superne medio lateribusque squamatum. Os supramaxillare squamatum. Pinnae dorsalis et analis radiosae basi squamatae, dorsalis spinis 12 vel 13. B. 7.

Spec. typ. *Erythrichthys Schlegeli* Günth.

DIPTERYGONOTUS Blkr (1848).

Dentes maxillis minimi; vomerini rudimentarii vel nulli. Caput superne lateribusque squamatum. Fascia squamarum temporalis distincta nulla. Os supramaxillare alepidotum. Pinna dorsalis alepidota spinis 14, posterioribus solitariis.

Spec. typ. *Dipterygonotus leucogrammicus* Blkr.

Phalanx **Lutjanini.**

Spariformes corpore oblongo vel subelongato, dentibus maxillis et vomerinis acutis, nunquam incisivis, graniformibus vel molaribus; dentibus palatinis acutis vel nullis; maxilla superiore non vel parum protractili; praeoperculo serrato.

ARRIPIS Jen. (1840) = Homodon Bris. = Deuteropterus Gill.

Dentes maxillis parvi, vomerini et palatini. Caput superne regione posttemporali tantum squamatum. Os praeorbitale serratum. Squamae trunco 50 ad 60 in serie longitudinali. Pinna dorsalis basi vagina squamosa libera, parte spinosa parte radiosa multo brevior spinis 9. Ventrals paulo post basin ventralium insertae. Analis radiosa dorsali radiosa duplo brevior. Caudalis biloba. B. 7.

Spec. typ. *Arripis georgianus* Jen.

XENICHTHYS Gill (1863).

Dentes maxillis parvi, vomerini. Caput superne squamatum. Squamae 50 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa basi tantum unitis et analis parte radiosa subaequilongis; dorsalis spinis 12. Pectorales acutiuscule rotundatae. Caudalis emarginata. B. 7.

Spec. typ. *Xenichthys Xanthi* Gill.

ETELIS CV. (1828) = *Elastoma* Swns. = *Hesperanthias* Lowe =
Macrops C. Dum.

Dentes maxillis, vomerini, palatini, maxillis ex parte canini. Caput superne regione temporali squamatum. Squamae trunco 50 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis alepidota, parte spinosa et parte radiosa basi tantum continuis, spinis 10. Pectorales acutae. Caudalis biloba.

Spec. typ. *Etelis carbunculus* CV.

APRION CV. (1830) nec Müll. Henl. = *Apsilus* CV. = *Chaetopterus* Schl. = *Pristipimoides* Blkr = *Platyinius* Gill =
Sparopsis Kner.

Dentes maxillis, vomerini, palatini. Caput superne regione temporali squamatum. Squamae 50 ad 60 in serie longitudinali. Pinna dorsalis alepidota indivisa spinis 10. Pectorales acutae. Caudalis biloba, lobis gracilibus.

Spec. typ. *Aprion virescens* CV.

LUTJANUS Bl. (1790) = *Dipterodon* Lac. = *Diacope*, *Mesoprion* CV. = *Genyroroge* Cant. = *Macolor* Blkr = *Neomaenis* Gir. = *Proamblys*, *Hypoplites*, *Rhomboplites*, *Ocyurus*, *Evoplites*, *Tropidinius* Gill.

Dentes maxillis, vomerini, palatini; intermaxillares antichi, inframaxillares antichi et serie externa laterales medii canini vel caninoidei. Caput superne post oculis ubique vel regione temporali tantum squamatum. Squamae 40 ad 90 in serie longitudinali.

Pinna dorsalis squamata indivisa spinis 10 ad 13. Pectorales falcatae. Caudalis truncata vel biloba.

Spec. typ. *Lutjanus lutjanus* Bl.

HEMILUTJANUS Blkr.

Dentes maxillis parvi, vomerini, palatini. Caput superne post oculos ubique squamatum. Squamae 100 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis basi squamata, indivisa, spinis 10 validis. Pectorales acutiuscule rotundatae. B. 7.

Spec. typ. *Plectropoma macrophthalmus* Tschudi? Kner.

BANJOS Blkr = Anoplus Schl. (1842) nec Schönh. nec Gray.

Dentes maxillis parvi, vomerini. Caput superne post oculos ubique squamatum. Squamae trunco 70 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis squamata, profunde emarginata, spinis 10, parte spinosa parte radiosa multo longiore. Pectorales subfalcatae. Caudalis truncata. B. 6.

Spec. typ. *Banjos typus* Blkr = Anoplus banjos Rich.

PARASCORPIS Blkr (1875).

Dentes maxillis minimi. Dentes vomerini. Caput superne post oculos squamatum. Maxilla inferior prominens antice truncata. Squamae 130 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis indivisa, squamata et basi vagina squamosa libera, spinis 12, parte spinosa et parte spinosa subaequilongis. Pectorales acute rotundatae. Ventrals mox post basin pectoralium insertae. B. 7.

Spec. typ. *Parascorpis typus* Blkr.

Phalanx Aphareini.

Spariformes corpore oblongo-subelongato; ore non protractili; dentibus maxillis minimis acutis; vomerinis et palatinis nullis; maxilla inferiore prominente truncata ramis elevatis compressis; apertura branchiali usque prope mentum extensa.

APHAREUS Cuv. (1830).

Dentes pluriseriati. Caput superne regione temporali tantum squamatum. Labia gracillima. Squamae trunco 70 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis indivisa alepidota spinis 10, parte spinosa et parte radiosa subaequilongis. Pectorales falcatae. Caudalis biloba. B. 7.

Spec. typ. *Aphareus furcatus* Günth.

Phalanx **Denticini.**

Spariformes corpore oblongo vel subelongato, dentibus maxillis conicis acutis ex parte caninis; vomerinis et palatinis nullis; ore non vel vix protractili; pinna dorsali indivisa, parte spinosa alepidota; pectoralibus acutis.

1. *Spinnae dorsales 10 ad 12, anales 3.*

SYNAGRIS Klein (1745) nec Günth. = Dentex Cuv. = Polysteganus Klunz.

Dentes utraque maxilla ex parte canini. Caput superne vertice et fronte squamatum. Squamae praeoperculo pluri-ad polyseriatae. Squamae trunco 50 ad 60 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 11 vel 12, parte radiosa squamata. B. 6.

Spec. typ. *Dentex vulgaris* Cuv.

GYMNOCRANIUS Klunz. (1870) = Paradentex Blkr.

Dentes intermaxillares ex parte canini. Caput superne regione temporali tantum squamatum. Squamae praeoperculo tri- ad pluriseriatae, limbo ejus nullae. Squamae trunco 50 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10, parte radiosa alepidota. B. 6.

Spec. typ. *Gymnocranius rivulatus* Klunz.

SYMPHORUS Günth. (1872).

Dentes utraque maxilla ex parte canini. Praeoperculum serratum squamis pluri- (decem-) seriatis. Squamae trunco 55 circ.

in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10 gracilibus et radiis 16 vel 17. B. 7.

Spec. typ. *Symphorus taeniolatus* Günth.

DENTEX (CV. 1830 ex parte) Blkr = Nemipterus Swns. =
Synagris Günth. (nec Klein).

Dentes utraque maxilla vel intermaxillares tantum ex parte canini. Caput vertice ossibusque opercularibus tantum squamatum. Squamae praeoperculo triseriatae, interoperculo uniseriatae. Squamae trunco 50 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10 gracilibus, parte radiosa alepidota. B. 6.

Spec. typ. *Dentex filamentosus* CV. = Nemipterus filamentosus Swns.

GNATHODENTEX Blkr (1873).

Dentes utraque maxilla ex parte canini conici. Caput superne regione temporali tantum squamatum. Os supramaxillare crista longitudinali serrata. Squamae trunco 70 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10, parte radiosa alepidota. B. 6.

Spec. typ. *Gnathodentex aureolineatus* Blkr = Pentapus aureolineatus CV.

PENTAPUS CV. (1830) = Leiopsis Benn. = Heterognathodon Blkr.

Dentes utraque maxilla ex parte canini conici. Caput superne vertice, fronte et rostro squamatum. Squamae praeoperculo pluriseriatae, interoperculo bi- ad quadriseriatae. Squamae trunco 45 ad 65 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10, parte radiosa alepidota. B. 6.

Spec. typ. *Pentapus vittatus* CV.

2. *Spinnae dorsales 7, anales 2.*

LATILUS CV. (1830) ex parte tantum. (Spec. plures familiae Parapercioid. adnumer.).

Dentes utraque maxilla ex parte caninoidei. Caput superne vertice et fronte squamatum. Squamae trunco 65 circ. in serie

longitudinali. Pinna dorsalis spinis 7, parte spinosa parte radiosa alepidota triplo circ. brevior. Caudalis integra. Analis spinis 2. B. 6.

Spec. typ. *Latilus argentatus* CV.

Phalanx **Boridianini.**

Spariformes corpore oblongo vel subelongato, dentibus maxillis molaribus vel ex parte molaribus; dentibus palatinis nullis; praeoperculo serrato; pinna dorsali divisa parte spinosa et parte radiosa basi tantum continuis; spinis analibus 3.

BORIDIA CV. (1830).

Dentes maxillis tri- ad quadriseriati omnes molares; vomerini nulli. Caput superne squamatum. Squamae trunco (cycloideae?) 60? circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis alepidota, parte spinosa parte radiosa multo altiore spinis 12.

Spec. typ. *Boridia grossidens* CV.

HOPLOPAGRUS Gill (1861).

Dentes maxillis antice quatuor canini robusti lati, intermaxillares ex parte molares, inframaxillares serie externa conici, serie interna molaris unicus. Dentes vomerini molares. Caput superne alepidotum. Squamae trunco ctenoideae, 40 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10. B. 5.

Spec. typ. *Hoplopagrus Güntheri* Gill.

Phalanx **Sparini.**

Spariformes corpore oblongo vel subelongato; dentibus maxillis ex parte conicis ex parte molaribus, incisivis nullis; dentibus vomerinis et palatinis nullis; pinna dorsali indivisa, alepidota vel infima basi tantum; squamata, parte spinosa parte radiosa non brevior; anali spinis 3.

MONOTAXIS Benn. (1830) = Sphaerodon Rüpp.

Dentes maxillis anteriores pluriseriati acuti serie externa canini conici curvati seriebus internis setacei, laterales uniseriati molares. Caput superne regione posttemporali tantum squamatum. Genae squamatae. Squamae trunco 46 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10. B. 6.

Spec. typ. *Monotaxis grandoculis* Blkr = *Monotaxis indica* Benn.

BOOPSIDEA Cast. (1861).

Dentes maxillis anteriores pluriseriati laterales uniseriati; anteriores serie externa et laterales conici, anteriores seriebus internis molares vel submolares. Genae squamatae.

Spec. typ. *Boopsidea inornata* Cast.

LETHRINUS CV. (1830).

Dentes maxillis anteriores pluriseriati conici acuti vel acutiusculi ex parte canini curvati, laterales uniseriati conici obtusi et molares. Caput superne alepidotum. Genae squamis nullis. Labia carnosa. Squamae trunco 45 ad 50 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10. B. 6.

Spec. typ. *Lethrinus atlanticus* CV.

LITHOGNATHUS Swns. (1839).

Dentes maxillis pluriseriati, antichi conici serie externa longiores, laterales molares bi- vel triseriati. Caput valde acutum superne fronte et vertice squamatum. Genae squamatae. Maxilla superior valde protractilis, osse supramaxillari aetate provectis tumida lapidea. Squamae trunco 50 circ. in serie longitudinali. Dorsalis spinis 11.

Spec. typ. *Lithognathus capensis* Swns. = *Pagellus lithognathus* CV.

SPARUS Art. (1738) = *Cynaedus* Gron. = *Chrysophrys*, *Pagrus*, *Pagellus* Cuv. = *Chrysoblephus*, *Argyrops*, *Calamus* Swns. = *Pagrichthys* Blkr = *Grammateus* Poey.

Dentes maxillis bi- ad pluriseriati, antichi frequenter canini vel caninoidei ceteri obtusi plerique molares. Caput superne vertice et fronte squamatum. Genae squamatae. Squamae trunco 40 ad 85 in serie longitudinali. Dorsalis spinis 11 ad 13.

Spec. typ. *Sparus aurata* L.

ODONTEUS Ag. (1839) = Sparnodus Ag.-foss.

Dentes maxillis conici obtusi distantes. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco mediocres.

Spec. typ. *Odonteus sparoides* Ag.

Phalanx Sargini.

Spariformes corpore oblongo vel subelongato; dentibus maxillis omnibus vel ex parte incisivis integris vel lobatis; pinna dorsali indivisa, alepidota vel infima basi tantum squamata, parte spinosa parte radiosa non brevior; anali spinis 3.

1. *Dentes maxillis ex parte graciles acuti, vomerini et palatini acuti.*

GLYPHODES Guich. (1844). Genus non satis cognitum, forsan Lutjaninis adjung.

Dentes maxillis pluriseriati serie externa incisivi apice crenulati. Corpus subelongatum. Pinna dorsalis spinis 10 gracilibus. Caudalis leviter emarginata.

Spec. typ. *Glyphodes aprionoides* Guich.

2. *Dentes maxillis omnes incisivi vel ex parte molares vel graniformes; vomerini et palatini nulli.*

BOOPS Cuv. (1817) nec Gron. = Box CV.

Dentes maxillis serie anteriore incisivi lati apice emarginati. Caput superne regione posttemporali squamatum. Squamae trunco

75 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa subaequilongis, spinis 11 ad 15 et radiis 14 vel 15. A. $3/14$ vel $3/15$.

Spec. typ. *Boops salpa* CV.

CANTHARUS Cuv. (1817).

Dentes maxillis pluriseriati serie externa incisivi apice acuti. Caput regione posttemporali squamatum. Squamae trunco 60 ad 80 in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa longiore, spinis 10 vel 11 et radiis 10 ad 12. A. $3/10$.

Spec. typ. *Cantharus lineatus* White = *Sparus cantharus* L.

SCATHARUS CV. 1830).

Dentes maxillis uniseriati incisivi apice acutiuscule rotundati. Caput regione posttemporali squamatum. Squamae trunco 60 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa longiore, spinis 11 et radiis 11. A. $3/10$.

Spec. typ. *Scatharus graecus* CV.

OBLADA Cuv. (1829) = Oblata CV.

Dentes maxillis anteriores pluriseriati, serie externa incisivi lati apice emarginati seriebus internis graniformes, laterales uniseriati acuti. Caput superne regione posttemporali squamatum. Squamae trunco 65 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa subaequilongis, spinis 11 et radiis 14. A. $3/13$.

Spec. typ. *Oblada melanura* Cuv.

SARGUS Klein (1749) = Diplodus Raf. = Lagodon Holbr.

Dentes maxillis antichi incisivi integri vel emarginati, laterales molares bi- vel pluriseriati. Caput superne squamatum. Squamae trunco 50 ad 80 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10 ad 13 et radiis 11 ad 15. A. $3/10$ ad $3/15$.

Spec. typ. *Sargus vulgaris* CV.

PUNTAZZO Blkr = *Charax* Risso CV. (nec Gron.)

Dentes maxillis antici incisivi integri vel apice crenulati, laterales molares uniseriati parvi. Caput superne vertice et regione temporali squamatum. Squamae trunco 60 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 11 et radiis 13 vel 14. A. 3/12.

Spec. typ. *Puntazzo annularis* Blkr = *Charax puntazzo* CV.

CRENIDENS CV. (1830).

Dentes maxillis pluriseriati seriebus externis incisivi apice crenulati, seriebus internis graniformes. Caput superne squamatum. Squamae trunco 60 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo longiore, spinis 11 et radiis 11. A. 3/9 vel 3/10.

Spec. typ. *Crenidens Forskalii* CV.

Subfamilia HOPLEGNATHIFORMES.

Percoidei corpore oblongo-ovali valde compresso, capite squamato, ore parvo; dentibus, maxillis aggregatis in laminam crenatam coalitis, pharyngealibus acutis; inguinibus squamis elongatis; pinna dorsali indivisa basi vagina squamosa libera, pectoralibus radiis subsuperioribus ceteris longioribus; anali spinis 3; caudali radiis fassis 15; ossibus pharyngealibus inferioribus liberis gracilibus.

HOPLEGNATHUS Rich. 1841; Günth. = *Oplegnathus*, *Oplectognathus* Rich. = *Scarodon* Schl. = *Ichthyorhamphus* Cast. = *Scarostoma* Kner.

Dentes maxillis externi laminam crenatam, interni faciem molarem efficientes. Squamae trunco ctenoideae plus quam 100 in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa squamata longiore spinis 11 vel 12 et radiis 12 ad 17. A. 3/11 ad 13. B. 7.

Spec. typ. *Hoplegnathus Conwayi* Rich.

Subfamilia GERREIFORMES.

Percoidei corpore oblongo-ovali valde compresso, squamis imbricatis cycloideis vestito; capite squamato; ore antico parvo in tubum conicum protractili; dentibus maxillis parvis acutis liberis, incisivis vel molaribus nullis; squamis inguinibus elongatis; pinna dorsali indivisa basi vagina squamosa libera, spinis valde compressis; pectoralibus falcatis; caudali biloba radiis fissis 15. B. 6.

DIAPTERUS Ranz. (1842) = Gerres Cuv. (nec Latr.) = Catochaenum Cant. = Eucinostomus Baird Gir. = Synistius Gill.

Dentes maxillis pluriseriati, pharyngeales obtusi vel molares. Squamae trunco 35 ad 50 in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis 9 vel 10 et radiis 10 vel 11, parte spinosa et parte radiosa subaequilongis. Ventrals post basin pectoralium insertae. Analis spinis 3 et radiis 6 ad 9. Ossa pharyngealia inferiora triquetra coadunata vel coalita.

Spec. typ. *Gerres Plumieri* CV.

PENTAPRION Blkr (1850) = Clara Gill.

Dentes maxillis et pharyngeales pluriseriati acuti. Squamae deciduae trunco 40 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10 vel 11 et radiis 14 vel 15, parte spinosa parte radiosa breviora. Ventrals sub basi pectoralium insertae. Analis spinis 5 et radiis 13 vel 14. Ossa pharyngealia inferiora gracilia libera non coalita.

Spec. typ. *Pentaprion longimanus* Blkr = *Pentaprion gerreoides* Blkr.

SYSTEMA PERCOIDEORUM CONTRACTUM.

Subfamilia 1. *Centrarchiiformes*.

Gen. Pomoxis, Centrarchus, Ambloplites, Acantharchus, Hemioplites, Lepomis, Mesogonistius, Chaenobryttus, Enneacanthus.

Subfamilia 2. *Priacanthiiformes*.

Gen. Priacanthus, Pseudopriacanthus.

Subfamilia 3. *Serraniformes*.Phalanx a. *Anthianini*.

Gen. Dactylanthias, Anthias, Odontanthias, Pseudanthias, Caprodon, Plectranthias, Hemanthias, Glaucosoma, Brachyrhinus, Callanthias.

Phalanx b. *Polypriontini*.

Gen. Polyprion.

Phalanx c. *Epinephelini*.

Gen. Centropristes, Dules, Aulacocephalus, Trachypoma, Siniperca, Paraserranus, Serranus, Variola, Hypoplectrus, Paracanthistius, Acanthistius, Anyperodon, Epinephelus, Parepinephelus, Gonioperca, Cromileptes.

Phalanx d. *Myriodontini*.

Gen. Centrogenys.

Subfamilia 4. *Grammisteiformes*.

Gen. Grammistes, Smecticus, Rypiticus.

Subfamilia 5. *Percaeiformes*.Phalanx a. *Diplopriontini*.

Gen. Diploprion.

Phalanx b. *Apogonini*.

Gen. Amia, Vincentia, Nannoperca, Smerdis, Percamia, Microichthys, Acropoma, Paramia, Pseudamia, Telescops.

Phalanx *c. Grysteini*.

Gen. Huro, Micropterus, Pikea, Oligorus, Stereolepis, Liopropoma.

Phalanx *d. Labracini*.

Gen. Labrax, Lateolabrax, Plectropoma, Morone, Nippon, Psammoperca, Hypopterus, Oxylabrax, Percichthys, Actenolepis.

Phalanx *e. Percini*.

Gen. Perca Art., Centropomus Lac.

Subfamilia 6. *Acerinaeformes*.

Gen. Percis, Gymnocephalus, Percarina.

Subfamilia 7. *Datniaeformes*.

Gen. Therapon (Subgen. Datnia, Pelates, Helotes), Plectroplites, Paradules, Moronopsis, Macquaria, Enoplosus, Hyperoglyphe, Paristiopterus.

Subfamilia 8. *Histiopteriformes*.

Gen. Histiopterus.

Subfamilia 9. *Pentacerotiformes*.

Gen. Pentaceros, Pseudopentaceros.

Subfamilia 10. *Spariformes*.Phalanx *a. Pristipomatini*.

Gen. Scolopsis, Lobotes, Hapalogenys, Plectorhynchus, Parapristipoma, Diabasis, Pomadasys, Pygaeus, Conodon, Paraconodon, Datnioides.

Phalanx *b. Maenini*.

Gen. Maenas, Pinjalo, Paracaesio, Gymnocaesio, Caesio, Liocaesio, Pterocaesio.

Phalanx *c. Dipterygonotini*.

Gen. Centrarchus, Erythrichthys, Dipterygonotus.

Phalanx *d. Lutjanini*.

Gen. Arripis, Xenichthys, Etelis, Aprion, Lutjanus, Hemilutjanus, Banjos, Parascorpius.

Phalanx *e. Aphareini*.

Gen. Aphareus.

Phalanx *f. Denticini.*

Gen. Synagris, Gymnoceanius, Symphorus, Dentex, Gnathodentex, Pentapus, Latilus.

Phalanx *g. Boridianini.*

Gen. Boridia, Hoplopagrus.

Phalanx *h. Sparini.*

Gen. Monotaxis, Boopsidea, Lethrinus, Lithognathus, Sparus, Odonteus.

Phalanx *i. Sargini.*

Gen. Glyphodes, Boops, Cantharus, Scatharus, Oblada, Sargus, Puntazzo, Crenidens.

Subfamilia 11. *Hoplegnathiiformes.*

Gen. Hoplegnathus.

Subfamilia 12. *Gerreiiformes.*

Gen. Diapterus, Pentaprion.

Hagae-Comitis Calendis Decembris 1875.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

SYSTEMA

P E R C A R U M

REVISUM,

AUCT.

PETRO BLEEKER.

PARS II. ¹⁾

II. Familia EMBIOTOCOIDEI.

Percae corpore oblongo-ovali valde compresso squamis cycloideis vestito; capite multo minus duplo ad non longiore quam alto, superne alepidoto; ore antico; dentibus maxillis conicis, caninis nullis; dentibus vomerinis et palatinis nullis; praeoperculo edentulo; apertura branchiali sub gula continua; linea laterali continua; abdomine sulco mediano longitudinali alepidoto; squamis inguinibus elongatis nullis; pinna dorsali indivisa basi vagina squamosa libera; pectoralibus radiis inferioribus fassis; ventralibus post basin pectoralium insertis radiis fassis 5; anali spinis 3; caudali radiis fassis 12; ossibus pharyngealibus inferioribus coalitis dentibus conicis et obtusis. B. 5 vel 6.

¹⁾ In diagnosi Familiae Percoideorum, lin. 6^a (Pars I^a) err. typogr. emend.: loco „continua vel” lege „continua; ventre non cuneato; linea laterali continua vel”.

1. *Dentes maxillis uniseriati.*

HYSTEROCARPUS Gill (1854).

Sulcus infralabialis antice continuus. Squamae trunco magnae. Pinnae; dorsalis, spinosa radiosa longior, spinis 16 ad 18 et radiis 10 vel 11; analis radiis 21 vel 22. B. 5.

Spec. typ. *Hysterochirus Traskii* Gill.

CYMATOGASTER Gill (1854) = Micrometrus Gill = Abeona Gir. =
Metrogaster Ag.

Sulcus infralabialis antice continuus. Squamae trunco 40 ad 45 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis, spinosa radiosa brevior, spinis 9 vel 10 et radiis 14 ad 21; analis radiis 15 ad 24. B. 5.

Spec. typ. *Cymatogaster aggregatus* Gill.

RHACOCILUS Ag. (1854) = Pachylabrus Gill (1854).

Sulcus infralabialis antice continuus. Labia lata carnosa. Squamae trunco 73 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis, spinosa radiosa brevior, spinis 11 et radiis 23; analis radiis 29.

Spec. typ. *Rhacochilus toxotes* Ag.

EMBIOTOCA Ag. (1853) = Hypsurus, Taeniotoca Ag. = Phane-
rodon, Damalichthys Gir.

Sulcus infralabialis antice non continuus. Squamae trunco 60 ad 75 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis, spinosa radiosa brevior, spinis 9 ad 11 et radiis 19 ad 24; analis radiis 22 ad 34. B. 5 vel 6.

Spec. typ. *Embiotoca Jacksoni* Ag.

BRACHYISTIUS Gill (1862).

Sulcus infralabialis antice non continuus? Labia gracilia? Squamae trunco 38 ad 45 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis, spinosa radiosa brevior, spinis 7 vel 8 et radiis 13 ad 15; analis radiis 20 ad 23.

Spec. typ. *Brachiistius frenatus* Gill et Ditrema brevipinna
Günth.

2. *Dentes maxillis ex parte biseriati vel pluriseriati. Dorsalis spinosa radiosa brevior. Labia parum carnosa.*

HOLCONOTUS Ag. (1854).

Dentes intermaxillares biseriati, inframaxillares uniseriati. Sulcus infralabialis antice continuus. Squamae trunco 70 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis spinis 9 et radiis 26, analis radiis 28 ad 31.

Spec. typ. *Holconotus rhodopterus* Ag.

AMPHISTICHUS Ag. (1854) = Hyperprosopon Gill = Ennichthys Gill = Hypocritichthys Gill.

Dentes utraque maxilla biseriati. Sulcus infralabialis antice continuus. Squamae trunco 65 ad 85 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis spinis 8 vel 9 et radiis 22 ad 28, analis radiis 23 ad 36.

Spec. typ. *Amphistichus argenteus* Ag.

DITREMA Schl (1843) = Maenichthys Kp.

Dentes utraque maxilla pluriseriati, seriebus internis minimi serie externa conici conspicui. Sulcus infralabialis antice non continuus. Squamae trunco 70 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis spinis 10 et radiis 20 ad 22, analis radiis 27 vel 28. B. 6.

Spec. typ. *Ditrema Temmincki* Blkr.

III. Familia BOGODOIDEI.

Percae corpore oblongo vel oblongo-ovali squamis cycloideis vestito; capite minus duplo longiore quam alto; ore antico vix protractili; dentibus maxillis acutis; dentibus vomerinis et palatinis; apertura branchiali sub gula continua; ventre non sulcato; inguinibus squama elongata nulla; linea laterali conspicua; pinnis;

dorsali unica profunde incisa basi vagina squamosa propria libera, spinis 7 osseis compressis transversim striatis, antice spina procumbente, parte radiosa spina unica et radiis 8 ad 17; pectoralibus radiis inferioribus fissis; ventralibus sub basi vel vix ante basin pectoralium insertis radiis fissis 5; anali spinis 3 et radiis 8 ad 18; caudali radiis fissis 15. Pseudobranchiae. B. 6.

AMBASSIS CV. (1829) = *Ambassus* Swns.

Dentes maxillis parvi aequales vel subaequales. Praeoperculum margine libero et crista intramarginali denticulatum. Squamae trunco 25 ad 40 in serie longitudinali. Pinnae dorsalis et analis radiis 8 ad 11.

Spec. typ. *Ambassis Commersonii* CV.

PARAMBASSIS Blkr (1874).

Dentes maxillis pluriseriati ex parte canini curvati. Praeoperculum margine libero et crista intramarginali serratum. Squamae trunco 40 ad 70 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis radiis 10 vel 11, analis radiis 9 ad 11.

Spec. typ. *Parambassis apogonides* Blkr.

HAMILTONIA Swns. (1839) = *Bogoda* Blkr (1853).

Dentes maxillis conici, inframaxillares externi anteriores majores apice antrorsum spectantes. Squamae minimae vix conspicuae. Pinnae; dorsalis radiis 14 ad 17, analis radiis 16 ad 18.

Spec. typ. *Hamiltonia ovata* Swns. = *Bogoda* nama Blkr.

PSEUDAMBASSIS Blkr (1874).

Dentes maxillis pluriseriati parvi, canini vel majores antrorsum spectantes nulli. Squamae valde parvae. Pinnae; dorsalis radiis 12 ad 15, analis radiis 14 ad 17.

Spec. typ. *Pseudambassis lala* Blkr = *Ambassis ranga* et *lala* CV.

IV. Familia CHAETODONTOIDEI.

Perc. corpore ovali vel subrhomboideo valde compresso; capite compresso absque maxillis aequae alto ac longo vel altiore quam longo, squamato, ore antico rictu parvo vel (rarius) mediocri; dentibus maxillis parvis nunquam caninis veris vel molaribus; squamis trunco etenoideis vel cycloideis; linea laterali plus minusve conspicua; pinnis dorsali et anali radiosae dense squamatis, dorsali dorso antice incipiente anali longiore parte spinosa et parte radiosae continuis, anali spinis 3 vel 4 parte radiosae dorsali radiosae minus duplo ad non breviorae; pinnis pectoralibus radiis inferioribus fissis; ventralibus radiis fissis 5; caudali radiis fissis 14 ad 17; ossibus pharyngealibus inferioribus nec coadunatis nec coalitis. B. 5 ad 7.

Subfamilia PIMELEPTERIFORMES. ¹⁾

Chaetodontoidei corpore oblongo-ovalis squamis etenoideis vel cycloideis laevibus vestito; rictu oris parvo; dentibus maxillis incisivis; maxilla inferiore ramis sulco a cute gulari distinctis, horizontaliter mobilibus; apertura branchiali sub gula continua; cute gulo-interbranchiali a cute praeventrali distincta; inguinibus squama elongata vel composita; pinna dorsali parte spinosa parte radiosae non breviorae spinis 10 ad 15 et radiis 11 ad 20; ventralibus post basin rarius sub basi pectoralium insertis; anali spinis 3 et radiis 10 ad 15; caudali emarginata radiis fissis 15. B. 5 ad 7.

PIMELEPTERUS Lac. (1802) = Kyphosus Lac. = Dorsuarius,
Xyster Comm. = Opististhius Gill.

Dentes maxillis pluriseriati serie externa dimidio basali maxillae affixi dimidio apicali verticales incisivi, seriebus internis gracillimi

¹⁾ Subfamiliae genera Girella, Tephraeops, etc. phalangi Sarginorum subfamiliae Spariformium familiae Percoideorum valde affinia.

acuti. Dentes vomerini, palatini, pterygoidei, linguales. Dentes pharyngeales subulati. Caput superne usque supra nares, lateribus et inferne usque sub oculo ubique squamatum. Maxilla superior protractilis postice squamata. Praeoperculum denticulatum. Cutis gulo-interbranchialis lata parum incisa dense squamata. Squamae trunco ctenoideae 60 ad 80 in serie longitudinali. Pinnae impares molles totae squamatae, dorsalis indivisa spinis 11 et radiis 12 ad 14 parte spinosa et parte radiosa subaequilongis. Analis radiis 11 ad 14. Pectorales acutae. B. 7.

Spec. typ. *Pimelepterus Boscii* Lac.

DIPTERODON Cuv. (1829): (nec Lac. 1802 = Lutjanus Bl.) =
Coracinus Gron. (nec Browne).

Dentes maxillis incisivi integri non stipitati, intermaxillares seriebus internis villiformes; pharyngeales ex parte molares pavimentati. Dentes ore interno nulli. Caput superne, genis ossibusque opercularibus squamatum. Praeoperculum denticulatum. Cutis gulo-interbranchialis profunde incisa. Squamae trunco ctenoideae 80 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa subaequilongis basi tantum continuis, spinis 10 et radiis 17 vel 18, antice spina procumbente. Analis spinis 3 et radiis 13 vel 14, parte radiosa dorsali radiosa multo brevior. Pectorales acutae. B. 6.

Spec. typ. *Dipterodon capensis* Cuv.

DOIDYXODON Val. (1846).

Dentes maxillis pluriseriati stipitati incisivi integri vel sub-integri. Dentes vomerini et palatini nulli. Caput regione supraoperculari et genis tantum squamatum. Squamae trunco ctenoideae 50 ad 60 in serie longitudinali. Cutis gulo-interbranchialis parum emarginata alepidota. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa subaequilongis, spinis 12 et radiis 20? Analis spinis 3 et radiis 15 parte radiosa dorsali radiosa brevior. Pectorales acutae. B. 5.

Spec. typ. *Doidyxodon Freminvillei* Val.

PACHYMETOPON Günth. (1859).

Dentes maxillis pluriseriati incisivi integri, serie externa triangulares. Dentes vomerini et palatini nulli. Caput superne alepidotum, genis, operculis maxillaque inferiore postice squamatum. Praeoperculum serratum. Squamae trunco cycloideae 90 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis 11 et radiis 11, analis spinis 3 et radiis 10.

Spec. typ. *Pachymetopon grande* Günth.

GYMROCROTAPHUS Günth. (1859).

Dentes maxillis pluriseriati, serie externa incisivi lati sublan-
ceolati, seriebus internis cardiformes. Dentes vomerini et palatini nulli. Caput vertice et operculis tantum squamatum. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco ctenoideae 65 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10 et radiis 12. Analis spinis 3 et radiis 10. Pectorales acutae.

Spec. typ. *Gymnocrotaphus curvidens* Günth.

GIRELLA Gr. (1838) = Melanichthys Schl. = Camarina Ayr.

Dentes maxillis pluriseriati stipitati tricuspidati. Dentes vomerini et palatini nulli. Caput superne, genis et operculis squamatum. Praeoperculum denticulatum. Membrana gulo-interbranchialis profunde incisa alepidota. Squamae trunco ctenoideae 50 ad 70 in serie longitudinali. Pinna dorsalis indivisa spinis 14 vel 15 et radiis 11 ad 14, parte spinosa parte radiosa multo longiore. Analis spinis 3 et radiis 11 ad 13 parte radiosa dorsali radiosa brevior.

Spec. typ. *Girella punctata* Gr.

TEPHRAEOPS Günth. (1859) = Melambaphes Günth. ?

Dentes maxillis pluriseriati incisivi tricuspidati. Dentes vomerini et palatini nulli. Caput fronte, vertice, genis et operculo superne tantum squamatum. Praeoperculum crenato-denticulatum. Squamae trunco ctenoideae plus quam 100 in serie longitudinali. Pinna dorsalis indivisa spinis 14 et radiis 13, parte spinosa parte radiosa

multo longiore. Analis spinis 3 et radiis 11 parte radiosa dorsali radiosa brevior.

Spec. typ. *Tephraeops Richardsoni* Günth. = *Crenidens tephraeops* Rich.

NEOTEPHRAEOPS Casteln. (1872) = *Girellichthys* Klunz. (1872).

Dentes maxillis pluriseriati incisivi tricuspidati. Dentes vomerini. Dentes palatini nulli. Caput fronte alepidotum. Genae et operculum ubique squamata. Squamae trunco ctenoideae 80 circ in serie longitudinali. Pinna dorsalis indivisa spinis 14 et radiis 13 ad 15 parte spinosa parte radiosa multo longiore. Analis spinis 3 et radiis 11 vel 12.

Spec. typ. *Neotephraeops zebra* Cast. = *Girella zebra* Rich?. Steind. (Klunz.)

INCISIDENS Gill (1862).

Dentes maxillis bi-ad pluriseriati incisivi integri vel apice emarginati. Dentes vomerini et palatini. [Dentes pharyngeales curvati subulati. Caput genis et operculo superne tantum squamatum. Squamae trunco ciliatae 55 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 15 et radiis 12 parte spinosa parte radiosa longiore. Ventrals sub basi pectoralium insertae. Analis spinis 3 et radiis 12.

Spec. typ. *Crenidens simplex* Rich.

Subfamilia PROTERACANTHIFORMES.

Chaetodontoidei corpore oblongo-ovali vel subrhomboideo, squamis ctenoideis laevibus vestito; rictu oris parvo; dentibus, maxillis incisivis tricuspidatis, vomero-palatiniis nullis; maxilla inferiore ramis horizontaliter mobilibus; aperturis branchialibus isthmo lato separatis; cute gulo-interbranchiali lata squamata; inguinibus squama elongata; pinna dorsali parte spinosa et parte radiosa dimidio basali tantum continuis spinis 9 vel 10 et radiis 15 ad 20; ventralibus sub basi pectoralium insertis; anali spinis 3 et radiis 15 vel 16; caudali radiis fissis 15. B. 6.

PROTERACANTHUS Günth. (1859).

Dentes maxillis pluriseriati tricuspidati. Dentes pharyngeales graciles, superiores curvati tricuspidati, inferiores aciculares rectiusculi. Corpus oblongo-ovale. Caput aequè altum ac longum superne lateribusque squamatum. Labium superius medio non a cute rostrali distinctum. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco 40 ad 60 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10 et radiis 15 vel 16, parte spinosa parte radiosa duplo circ. longiore spina 4^a producta, antice spina procumbente. Analis radiis 14 vel 15. Pseudobranchiae nullae.

Spec. typ. *Proteracanthus sarissophorus* Günth.

TRIPTERODON Playf. (1867).

Dentes maxillis tri-vel quadriseriati tricuspidati. Corpus subrhomboideum. Caput multo altius quam longum superne, genis ossibusque opercularibus squamatum. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco 52 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 9 et radiis 20, parte spinosa parte radiosa non longiore spinis subanterioribus productis basi tantum membrana unitis. Analis radiis 16.

Spec. typ. *Tripteron orbis* Playf.

Subfamilia SCORPIDIFORMES.

Chaetodontoidei corpore ovali vel subrhomboideo, squamis ctenoideis laevibus vestito; dentibus maxillis pluriseriatis acutis simplicibus non incisivis; maxilla inferiore ramis sulco a cute gulari distinctis horizontaliter mobilibus; aperturis branchialibus sub gula continuis vel subcontinuis isthmo nullo vel gracillimo separatis; pinna dorsali indivisa spinis distantibus 9 ad 11 et radiis 14 ad 31; ventralibus post basin pectoralium insertis, anali spinis 3 et radiis 14 ad 28; caudali radiis fissis 15. B. 7.

Phalanx **Microcanthini.**

Scorpidiformes pinna dorsali parte spinosa parte radiosa alepidota longiore; rictu oris parvo; dentibus palatinis, pterygoideis et lingualibus nullis.

MICROCANTHUS Swns. (1839) = Therapaina Kp.

Dentes maxillis subaequales. Dentes vomerini nulli. Corpus subrhomboideum. Os praeorbitale et praeoperculum serrata. Squamae trunco 70 circ. in serie longitudinali. Squama inguinalis elongata. Pinna dorsalis spinis 11 et radiis 16 ad 18. Analis radiis 14 vel 15. Caudalis subtruncata.

Spec. typ. *Microcanthus strigatus* Swns. = *Chaetodon strigatus* Langsd. = *Therapaina strigata* Kp.

ATYPICHTHYS Günth. (1862) = *Atypus* Günth. = *Helotosoma* Kp.

Dentes maxillis subaequales. Dentes vomerini. Corpus oblongo-ovale. Os praeorbitale et praeoperculum serrata. Squamae trunco 70 ad 75 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 11 et radiis 15 vel 16. Analis radiis 15 vel 16. Caudalis profunde biloba.

Spec. typ. *Atypichthys strigatus* Günth. = *Atypus strigatus* Günth. = *Helotosoma servus* Kp.

Phalanx **Scorpidini.**

Scorpidiformes pinna dorsali parte spinosa parte radiosa brevior; rictu oris parvo vel mediocri; dentibus vomerinis, palatinis et pterygoideis.

SCORPIS CV. (1831).

Dentes maxillis serie externa fortiores. Dentes linguales. Corpus ovale. Os praeorbitale edentulum. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco 100 circ.? in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 9 vel 10 et radiis 26, parte spinosa parte radiosa paulo brevior, parte radiosa elevata subfalcata. Analis elevata subfalcata radiis 27.

Spec. typ. *Scorpis georgianus* CV.

CAESIOSOMA Kaup (1863).

Dentes maxillis serie externa vix fortiores. Corpus oblongo-ovale. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco 70 ad 80? in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 9 vel 10 et radiis 26 ad 28, parte spinosa parte radiosa duplo fere brevior, parte radiosa non falcata. Analis non falcata radiis 25 ad 28.

Spec. typ. *Caesiosoma Sieboldi* Kp. (nom. manuscr.) = *Scorpiis aequipinnis* Rich.?

Subfamilia LEPODONTIFORMES.

Chaetodontoidei corpore oblongo-ovali, squamis cycloideis vestito; dentibus maxillis pluriseriatis acutis simplicibus non incisivis; rictu oris mediocri obliquo; maxilla inferiore ramis horizontaliter mobilibus; aperturis branchialibus sub gula continuis isthmo nullo separatis; pinna dorsali indivisa et anali antice quam medio et postice altioribus; dorsali parte spinosa parte radiosa pluritoties breviorè spinis 3 ad 5 contiguis postrorsum longitudine valde accrescentibus et radiis 28 ad plus quam 30; ventralibus sub basi vel vix ante basin pectoralium insertis; anali spinis 2 vel 3 et radiis 20 ad plus quam 30; caudali radiis fissis 15. B. 7.

LEPODUS Raf. (1810) = *Brama* Risso (nec Klein) = *Tylometopon* Van Bemm.

Dentes maxillis et palatini, maxillis serie externa fortiores. Caput superne, lateribus maxillisque squamatum. Ossa opercularia edentula. Squamae trunco superne et inferne spinula armatae, 70 ad 100 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis anali longior spinis 3 vel 4 et radiis 27 ad 33; ventrales sub basi pectoralium insertae; analis spinis 2 vel 3 et radiis 21 ad 27; caudalis profunde biloba.

Spec. typ. *Lepodus saragus* Raf. = *Brama Raji* Bl. Schn.

TARACTES Lowe (1843).

Dentes maxillis, vomerini, palatini, maxillis serie externa fortiores. Praeoperculum aculeatum. Suboperculum et interoperculum denticulata. Squamae trunco inferne spinigeræ, 43 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis anali longior spinis non pungentibus 5 et radiis 28; ventrales paulo ante pectorales insertae; analis spinis 3 et radiis 20; caudalis convexa.

Spec. typ. *Taractes asper* Lowe.

SCHUETTEA Steind. (1866).

Dentes maxillis, vomerini palatini, maxillis aequales. Caput superne tantum squamatum. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco inermes, 50 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis anali vix longior spinis pungentibus 5 et radiis 31; ventrales paulo ante? pectorales insertae; analis spinis 3 et radiis 28; caudalis biloba.

Spec. typ. *Schuettea scalaripinnis* Steind.

Subfamilia CHAETODIPTERIFORMES.

Chaetodontoidei corpore orbiculari vel rhomboideo, squamis cycloideis laevibus vestito; rictu oris parvo; dentibus, maxillis pluriseriatis setaceis simplicibus, vomero-palatinis nullis; maxilla inferiore ramis distantibus sulco a cute gulari distinctis horizontaliter mobilibus; aperturis branchialibus isthmo separatis; cute gulo-interbranchiali lata vix incisa, a cute praeventrali distincta; inguinibus squama elongata; pinna dorsali profunde emarginata, parte spinosa parte radiosa brevior spinis distantibus; anali spinis 3; ventralibus sub basi pectoralium insertis; caudali integra radiis fissis 15 vel 17. B. 6. Pseudobranchiae nullae.

CHAETODIPTERUS Lac. (1802) = Parephippus Gill.

Dentes maxillis breves. Corpus suborbiculare. Caput superne

lateribus et inferne squamatum. Maxilla superior vix protractilis. Squamae trunco 50 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 9 et radiis 21 vel 22, spina 3^a producta flexili, parte radiosa elevata falcata. Pectorales rotundatae. Analis elevata falcata radiis 17 vel 18.

Spec. typ. *Chaetodipterus Plumieri* Lac. = *Ephippus faber* CV.

ILARCHES Cant. (1850) = *Ephippus* CV. (nec Cuv.)

Dentes maxillis breves; pharyngeales gracillimi aciculares. Corpus orbiculare. Caput superne ubique, ossibus opercularibus omnibus et cute gulo-interbranchiali squamatum. Maxilla superior non protractilis. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco 40 ad 50 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 9 et radiis 19 vel 20 parte spinosa parte radiosa multo minus duplo breviora spinis ex parte productis flexilibus, parte radiosa obtusa convexa. Pectorales obtusae breves. Analis obtusa convexa radiis 15 vel 16. Caudalis radiis fissis 15.

Spec. typ. *Ilarches orbis* Cant. = *Ephippus orbis* CV.

HARPOCHIRUS Cant. (1850) = *Drepane* Cuv. = *Drepanis* CV. (nec *Drepane* Schrank nec *Drepanis* Temm.) = *Cryptosmilia* Cope.

Dentes maxillis breves; pharyngeales acuti et obtusi submolares. Corpus rhomboideum. Caput superne lateribus tantum, praeoperculo, operculo superne et membrana branchiali squamatum. Cutis gularis alepidota. Maxilla superior valde protractilis. Praeoperculum inferne serratum. Squamae trunco 50 ad 60 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 9 et radiis 19 ad 22, parte spinosa parte radiosa duplo breviora. Pectorales elongatae falcatae. Analis radiis 17 vel 18. Caudalis radiis fissis 17.

Spec. typ. *Harpochirus punctatus* Cant. = *Drepane punctata* et *longimana* CV.

Subfamilia SCATOPHAGIFORMES.

Chaetodontoidei corpore subrhomboideo, squamis ctenoideis laevibus vestito; rictu oris parvo; dentibus maxillis tricuspidatis; vomerinis et palatinis nullis; maxilla inferiore ramis sulco a cute gulari distinctis distantibus horizontaliter mobilibus; aperturis branchialibus isthmo separatis; cute gulo-interbranchiali a cute praeventrali distincta; inguinibus squama composita; pinna dorsali emarginata parte spinosa parte radiosa longiore, spinis distantibus; ventralibus post basin pectoralium insertis; anali spinis 4; caudali radiis fassis 14. B. 6.

EPHIPPIUS Cuv. (1817) nec Cuv. 1829 = Scatophagus Cuv. (1829)
nec Mey. = Cacodoxus Cant. = Sargus Gron. (nec Klein).

Dentes maxillis pluriseriati incisivi; pharyngeales subulato-aciculares. Caput ubique squamatum. Maxilla superior non protractilis. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco 90 ad plus quam 100 in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 10 ad 12 et radiis 16 ad 19, antice spina procumbente, parte spinosa alepidota. Pectorales rotundatae. Analis radiis 14 ad 16.

Spec. typ. *Ephippus argus* Cuv. = Scatophagus argus CV.

Subfamilia TAURICHTHYIFORMES.

Chaetodontoidei corpore ovali vel subrhomboideo squamis ctenoideis laevibus vestito; capite ubique squamato; rictu oris parvo; dentibus maxillis setaceis simplicibus pluriseriatis, pharyngealibus gracillimis; maxilla inferiore ramis non a cute gulari distinctis contiguis horizontaliter immobilibus; aperturis branchialibus isthmo separatis; cute gulo-interbranchiali a cute praeventrali distincta; inguinibus squama elongata; pinna dorsali indivisa spinis mobilibus 6 ad 16 et radiis 15 ad 30; anali spinis 3 vel 4; caudali radiis fassis 15. B. 6.

Phalanx **Chelmonini.**

Taurichthyiformes ossibus intermaxillaribus et mandibularibus in tubum angustum majore parte clausum productis.

CHELMON Cuv. (1817) = Chelmo Günth.

Dentes maxillis brevissimi; vomerini nulli. Corpus subrhomboideum. Orbitae scabrae. Squamae trunco semilunariter rotundatae, supra lineam lateralem in series 55 circ. transversas dispositae. Series squamarum trunco longitudinales regulares, mediis lateribus subhorizontales. Linea lateralis basin pinnae caudalis attingens. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo brevioris spinis 9 postrorsum longitudine accrescentibus. Analis spinis 3.

Spec. typ. *Chelmon rostratus* Cuv.

PROGNATHODUS Gill (1862) = Prognathodes Gill (nec Egert.)

Dentes maxillis brevissimi; vomerini nulli. Corpus rhomboideo-ovale. Orbitae scabrae. Squamae trunco semilunariter rotundatae, supra lineam lateralem in series 40 ad 75 transversas dispositae. Series squamarum trunco longitudinales regulares, mediis lateribus subhorizontales. Linea lateralis basin pinnae caudalis attingens. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo longioris spinis 12 vel 13 praemedianis ceteris longioribus. Analis spinis 3.

Spec. typ. *Prognathodus aculeatus* Poey = Chelmo pelta Günth.

Phalanx **Taurichthyini.**

Taurichthyiformes maxillis brevibus non in tubum productis.

PARACHAETODON Blkr (1875).

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa plus quadruplo

breviore, spinis 6 subcontiguis. Linea lateralis sub dorsali radiosa desinens.

Spec. typ. *Parachaetodon ocellatus* Blkr = *Platax ocellatus* CV.
= *Chaetodon oligacanthus* Blkr.

TAURICHTHYS CV. (1831) = *Heniochus* CV. = *Diphreutes* Cant. = *Henjochus* Kp.

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa longiore spinis 11 vel 12 distantibus, 4^a ensiformi vel in flagellum producta. Linea lateralis basin pinnae caudalis attingens. Squamae trunco supra lineam lateralem in series 50 ad 65 transversas dispositae.

Spec. typ. *Taurichthys varius* CV.

HEMITAURICHTHYS Blkr.

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa longiore spinis 12 (vel 10?) distantibus, spina producta nulla. Linea lateralis basin pinnae caudalis attingens. Squamae trunco supra lineam lateralem in series 70 (ad 90?) transversas dispositae.

Spec. typ. *Hemitaurichthys polylepis* Blkr = *Chaetodon polylepis* Blkr.

CHELMONOPS Blkr.

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo brevior spinis 11 postrorsum longitudine valde accrescentibus, parte radiosa acuta postice subverticali. Linea lateralis basin caudalis attingens. Dentes maxillis bene evoluti.

Spec. typ. *Chelmonops truncatus* Blkr = *Chaetodon truncatus* Kner = *Chelmo truncatus* Günth.

CORADION Kaup (1860).

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo brevior spinis 8 ad 10 distantibus. Linea lateralis basin pinnae caudalis attingens. Dentes maxillis brevissimi.

Spec. typ. *Coradion chrysozonus* Kaup = *Chaetodon chrysozonus* K. V. H.

TETRAGONOPTRUS Klein (1744) = Chaetodon Cuv. (nec Art.) =
Rabdophorus Swns. = Citharoedus Kaup = Sarothrodus
Gill = Tholichthys Günth.

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa vix ad duplo longiore spinis 11 ad 16. Squamae trunco supra lineam lateralem in series 30 ad 55 transversas dispositae. Linea lateralis sub dorsali radiosa desinens.

Spec. typ. *Chaetodon striatus* L.

Subgen. *Citharoedus* Kp. — Corpus orbiculato-rhomboideum. Squamae regulariter rotundatae, trunco in series 55 circ. transversas dispositae. Rostrum obtusum. Pinna dorsalis spinis 12 parte spinosa parte radiosa paulo longiore, parte radiosa obtuse rotundata. — Spec. typ. *Citharoedus Meyeri* Kp = *Chaetodon Meyeri* Bl.

Subgen. *Rabdophorus* Swns. (1839). — Corpus ovale. Squamae regulariter rotundatae, trunco in series 40 ad 50 transversas dispositae. Pinna dorsalis spinis 12 ad 16, parte spinosa parte radiosa multo ad duplo fere longiore. — Spec. typ. *Rabdophorus ephippium* Swns.

Subgen. *Tetragonopterus* Klein. — Corpus subrhomboideum. Squamae regulariter rotundatae, trunco in series 40 ad 55 transversas dispositae. Series squamarum lateribus subhorizontales vel parum oblique adscendentes. Pinna dorsalis spinis 12 ad 14 parte spinosa parte radiosa multo minus duplo longiore, parte radiosa obtusa. — Spec. typ. *Chaetodon striatus* L.

Subgen. *Hemichaetodon* Blkr. — Corpus orbiculato-subrhomboideum. Squamae regulariter rotundatae, trunco in series 45 circ. transversas dispositae. Series squamarum longitudinales dimidio trunci inferiore postrorsum valde descendentes. Pinna dorsalis spinis 12. — Spec. typ. *Chaetodon capistratus* Bl.

Subgen. *Chaetodontops* Blkr. — Corpus orbiculato-subrhomboideum. Squamae regulariter rotundatae, trunco in series 40 ad 50

transversas dispositae. Series squamarum lateribus longitudinales postrorsum valde adscendentes. Dorsalis spinis 12 ad 14. — Spec. typ. *Chaetodon collaris* Bl.

Subgen. *Lepidochaetodon* Blkr. — Corpus orbiculato-subrhomboideum. Rostrum breve. Squamae trunco antice obtusangulatim rotundatae sequentibus multo majores. Series squamarum trunco antice longitudinales irregulares, transversae valde conspicuae non angulatae. Squamae trunco in series 35 ad 45 transversas dispositae. Dorsalis spinis 12 vel 13 (rarissime 14). — Spec. typ. *Chaetodon unimaculatus* Bl.

Subgen. *Linophora* Kp (1860). — Corpus subrhomboideum. Rostrum acutum. Squamae trunco antice et medio obtusangulatim rotundatae sequentibus multo majores. Series squamarum trunco antice et medio longitudinales irregulares, transversae conspicuae non angulatae. Squamae trunco in series 30 ad 45 transversas dispositae. Dorsalis spinis 13 (rarissime 11, 12, 14). — Spec. typ. *Linophora auriga* Kp.

Subgen. *Oxychaetodon* Blkr. — Corpus subrhomboideum. Rostrum valde acutum. Squamae trunco antice medio et postice obtusangulatim rotundatae. Series squamarum longitudinales irregulares, transversae valde conspicuae non angulatae. Squamae trunco in series 35 circ. transversas dispositae. Dorsalis spinis 12 vel 13. — Spec. typ. *Chaetodon lineolatus* Q G.

Subgen. *Gonochaetodon* Blkr. — Corpus rhomboideum. Rostrum breve. Squamae trunco antice, medio et postice obtusangulatim rotundatae. Series squamarum trunco longitudinales irregulares, transversae valde conspicuae obtusangulae. Squamae trunco in series 32 ad 35 transversas dispositae. Dorsalis spinis 11. — Spec. typ. *Chaetodon triangulum* K. V. H.

MEGAPROTODON Guich. (1848) = Eteira Kp.

Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa duplo ad plus

duplo longiore spinis 14. Squamae trunco obtusangulatim rotundatae in series 23 ad 25 transversas obtusangulas dispositae. Analis spinis 4.

Spec. typ. *Megaprotodon strigangulus* Blkr = *Megaprotodon bifascialis* Guich.

Subfamilia HOLACANTHIFORMES.

Chaetodontoidei corpore ovali vel rhomboideo squamis duris ctenoideis longitudinaliter rugosis vestito; capite ubique squamato; rictu oris parvo; dentibus, maxillis pluriseriatis gracilibus tricuspidatis vel subtricuspidatis, pharyngealibus setiformibus subuncinatis; maxilla inferiore ramis sulco a cute gulari distinctis horizontaliter mobilibus; praeoperculo angulo spina postrorsum spectante; aperturis branchialibus isthmo gracili separatis; cute gulo-interbranchiali a cute praeventrali distincta; inguinibus squama elongata nulla; pinna dorsali indivisa spinis mobilibus 8 ad 15 et radiis 15 ad plus quam 30; anali spinis 3 (rarissime 4) et radiis 16 ad 25; caudali radiis fissis 15. B. 6.

CHAETODONTOPLUS Blkr.

Corpus ovale. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo minus duplo longiore spinis distantibus 11 ad 13 posterioribus subaequilongis, parte radiosa obtuse rotundata. Squamae trunco supra lineam lateralem in series 90 ad 140 transversas dispositae. Membrana branchialis sub gula non continua.

Spec. typ. *Holacanthus septentrionalis* Schl.

HOLACANTHUS Lac. (1802) = *Genicanthus* Swns. = *Centropyge* Kaup.

Corpus ovale. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa multo ad plus duplo longiore spinis distantibus 13 ad 15. Squamae trunco supra lineam lateralem in series 50 ad 55 (ad 70?)

transversas dispositae. Membrana branchialis sub gula continua vel subcontinua.

Spec. typ. *Holacanthus tricolor* Lac.

ACANTHOCHAETODON Blkr.

Corpus subrhomboideum. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa paulo longiore spinis 12 ad 14 distantibus postrorsum longitudine accrescentibus. Squamae trunco supra lineam lateralem in series 50 ad 90 transversas dispositae. Membrana branchialis sub gula continua.

Spec. typ. *Holacanthus annularis* Lac.

CHAETODON Art. (1738) nec Cuv. = Pomacanthus Cuv. = Pomacanthodes Gill?

Corpus subrhomboideum. Pinna dorsalis parte spinosa parte radiosa brevior spinis 8 ad 10 subcontiguis postrorsum longitudine accrescentibus. Squamae trunco supra lineam lateralem in series 60 ad 90 transversas dispositae.

Spec. typ. *Chaetodon paru* L.

Subfamilia PLATACIFORMES.

Chaetodontoidei corpore rhomboideo squamis ctenoideis laevibus vestito; capite lateribus tantum squamato; rictu oris parvo; dentibus maxillis tricuspidatis; maxilla inferiore ramis sulco a cute gulari distinctis horizontaliter mobilibus; aperturis branchialibus isthmo lato separatis; cute gulo-interbranchiali lata squamata non a cute praeventrali distincta; inguinibus membrana squamulata parti basali ventralis affixa; pinna dorsali indivisa parte spinosa parte radiosa plurimoties brevior spinis 5 ad 7 contiguis et radiis 28 ad 54; ventralibus sub basi pectoralium insertis; anali spinis 3 et radiis 22 ad plus quam 40; caudali radiis fissis 15. B. 6.

PLATAX Cuv. (1817).

Dentes maxillis pluriseriati. Maxillae, superior non protractilis, inferior poris seriatis notata. Squamae trunco 60 ad 80 in serie longitudinali. Pinnae ventrales elongatae productae radiis fassis 5.

Spec. typ. *Platax teira* Cuv.

Subfamilia ZANCLIFORMES.

Chaetodontoidei corpore ovali squamis minimis spinulosis ctenoideis vestito; capite superne lateribusque squamato; rictu oris parvo; dentibus maxillis setaceis simplicibus; maxilla inferiore ramis contiguis horizontaliter immobilibus; aperturis branchialibus isthmo latissimo separatis; cute gulo-interbranchiali non a cute praeventrali distincta; pinna dorsali indivisa, parte spinosa parte radiosa plus triplo brevior spinis 7 subcontiguis ex parte flexilibus productis, parte radiosa antice quam postice pluritoties altiore radiis 39 ad 44; ventralibus sub basi pectoralium insertis; anali spinis 3 et radiis plus quam 30; caudali radiis fassis 14. B. 5.

ZANCLUS Comm. (ap. CV. 1831) = Pomacanthus Lac. (nec CV.) =
Gonopterus Gron. = Gnathocentrum Guich.

Corpus ovale. Rostrum valde acutum. Dentes, maxillis biseriati, vomerini nulli. Ossa opercularia edentula. Squamae minimae oculo nudo vix distinguendae. Linea lateralis basin caudalis attingens. Pinnae dorsalis et analis parte radiosa antice quam postice pluritoties altiore.

Spec. typ. *Zanclus cornutus* CV.

V. Familia HYPsinOTOIDEI.

Percae corpore disciformi vel oblongo-ovali valde compresso squamis parvis ctenoideis spinulosis vestito; capite valde compresso vix vel non longiore quam alto, squamato, ore antico rictu parvo; dentibus maxillis parvis simplicibus acutis; apertura branchiali sub gula continua; linea laterali continua; pinnis dorsali et anali basi tantum squamatis, dorsali dorso antice incipiente anali longiore parte spinosa et parte radiosa continuis spinis 8 ad 10 et radiis 23 ad 34; pectoralibus acutis radiis inferioribus fissis; ventralibus spina valida rugosa et radiis fissis 5; anali spinis 3 et radiis 23 ad 33; caudali radiis fissis 10 vel 11; ossibus pharyngealibus inferioribus noncoalitis. B. 5 vel 6.

HYPsinOTUS Schl. (1842?) = Antigonía Lowe (1843) = Caprophonus M. Tr.

Corpus absque pinna caudali aequè altum ac longum vel altius quam longum. Os parum protractile. Dentès vomerini nulli. Pinnae; dorsalis vix incisa parte radiosa parte spinosa plus duplo longiore spinis 8 et radiis 27 ad 34, analis radiis 26 ad 34, caudalis radiis fissis 10. B. 6.

Spec. typ. *Hypsinotus benhatatate* Blkr.

CAPROS Lac. (1802).

Corpus absque pinna caudali multo longius quam altum. Os valde protractile. Dentès vomerini. Pinnae; dorsalis profunde emarginata parte spinosa et parte radiosa subaequilongis spinis 9 vel 10 et radiis 23 vel 24, analis radiis 23, caudalis radiis fissis 11. B. 5.

Spec. typ. *Capros aper* Lac.

VI. Familia TOXOTEIDEI.

Percae corpore ovali-oblongo capite et trunco inferne cuneato, squamis ctenoideis vestito; capite valde acuto minus duplo longiore quam alto; ore antico rictu magno; dentibus parvis brevibus acutis; apertura branchiali sub gula continua; linea laterali conspicua; inguinibus squama elongata; pinnis imparibus dense squamatis; dorsali unica dorso postice inserta anali tota vel tota fere opposita, parte spinosa spinis osseis non contiguis 4 ad 6 parte radiosa brevior; ventralibus radiis fissis 5; anali spinis 3; caudalis radiis fissis 15; ossibus pharyngealibus inferioribus non coalitis. B. 7.

TOXOTES Cuv. (1817).

Dentes pluriseriati maxillis, vomerini, palatini, pterygoidei, linguales. Caput superne, lateribus maxillisque squamatum. Maxilla inferior superiore longior. Praeoperculum denticulatum. Membrana interbranchialis squamata. Squamae trunco 20 ad 40 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 4 ad 6 et radiis 11 ad 14. A. $3/12$ ad $3/18$.

Spec. typ. *Toxotes jaculator* Cuv.

AMBLYTOXOTES Blkr.

Dentes maxillis pluriseriati intermaxillares serie externa longiores. Dentes palatini uniseriati; vomerini nulli. Caput superne lateribusque squamatum. Os supramaxillare squamatum. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco 85 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis parte spinosa et parte radiosa dense squamata spinis 5 et radiis 23. A. $3/23$.

Spec. typ. *Toxotes squamosus* Hutton.

VII. Familia PEMPHERIDOIDEI.

Percae corpore ovali-oblongo valde compresso squamis tenuibus ctenoideis vestito, inferne carinato, dimidio posteriore valde gracilescente; capite convexo obtuso ubique fere squamato; ore antico rictu magno dentibus brevibus acutis; aperturis branchialibus sub gula continuis; inguinibus squama elongata; linea laterali continua; pinna dorsali unica tota vel tota fere ante analem sita brevis indivisa alepidota anali multo ad triplo brevior spinis 5 vel 6 contiguis gracilibus; ventralibus sub basi pectoralium insertis; anali elongata basi vel tota squamata spinis 3; caudali radiis fassis 15; ossibus pharyn-gealibus inferioribus non coalitis. B. 7.

PEMPHERIS Cuv. (1829).

Dentes, maxillis pluriseriati, vomerini, palatini, pharyngeales. Squamae trunco irregulariter seriatae 30 ad 60 in serie longitudinali. Pinna dorsalis anali triplo circ. brevior spinis 6 et radiis 9 vel 10. Analis tota squamata radiis 36 ad 46. Caudalis integra.

Spec. typ. *Pempheris touea* Cuv. = *Kurtus argenteus* Bl. Schn.

PARAPRIACANTHUS Steind. (1870) = *Penpherichthys* Klunz.

Dentes, maxillis uni-vel biseriati, vomerini, palatini, pharyngeales. Squamae sessiles, trunco 70 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis anali duplo ad minus duplo brevior spinis 5 et radiis 9. Analis radiis 19 ad 22. Caudalis biloba.

Spec. typ. *Parapriacanthus Ransonneti* Steind.

VIII. Familia CIRRHITEOIDEI.

Percae corpore oblongo vel subelongato squamis cycloideis vestito; capite squamato; dentibus maxillis acutis; apertura branchiali sub gula continua; membrana interbranchiali parum emarginata; linea laterali continua; pinnis, dorsali continua spinis osseis, parte spinosa parte radiosa vix brevior ad multo longior; pectoralibus radiis inferioribus simplicibus vulgo incrassatis digitatis; ventralibus sat longe post basin pectoralium insertis radiis fissis 5; anali dorsali radiosa brevior spinis 3; ossibus pharyngealibus inferioribus non coalitis.

Subfamilia CIRRHITEIFORMES.

Cirrhiteoidei dentibus maxillis simplicibus non incisivis; pinna caudali radiis fissis 13.

Phalanx Cirrhiteini.

Cirrhiteiformes capite superne et genis squamato; dentibus vomerinis; praeoperculo serrato; pinna dorsali spinis 10 et radiis 11 ad 17, parte spinosa parte radiosa non ad non multo longior; anali radiis 6 ad 8.

Subphalanx *Cirrhitei*.

Cirrhiteini ossibus intermaxillaribus non productis; corpore oblongo, capite obtuso vel acutiusculo.

CIRRHITES (Comm.) ap. Lac. (1803) = Cirrhitis Gill.

Dentes maxillis ex parte canini vel caninoidei. Dentes vomerini et palatini vel vomerini tantum. Nares anteriores cirratae. Squamae genis parvae multiseriatae, trunco 40 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis radiosa non setigera radiis 11 vel 12. Caudalis integra.

Spec. typ. *Cirrhites maculatus* Lac. = Cirrhitis marmoratus Gill.

AMBLYCIRRHITUS Gill (1862).

Dentes maxillis canini nulli. Squamae genis parvae, trunco 40 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis radiosa non setigera, radiis 12. Caudalis truncata.

Spec. typ. *Amblycirrhites fasciatus* Gill = *Cirrhites fasciatus* CV. (nec Benn.).

PARACIRRHITES Blkr (1873).

Dentes maxillis ex parte canini vel caninoidei. Dentes vomerini; palatini nulli. Squamae genis magnae squamulatae pauciseriatae, trunco 50 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis radiis 11 vel 12, membrana interspinali non penicilligera.

Spec. typ. *Paracirrhites Forsteri* Blkr = *Cirrhites Forsteri* Günth.

CIRRHITICHTHYS Blkr (1856) = *Cirrhitopsis* Gill.

Dentes maxillis ex parte canini vel caninoidei. Dentes vomerini et palatini. Nares anteriores cirratae. Squamae genis magnae non squamulatae, trunco 40 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis radiis 12 ad 17.

Spec. typ. *Cirrhitichthys aprinus* Blkr = *Cirrh. graphidopterus* Blkr = *Cirrhites aprinus* CV.

Subphalanx *Oxycirrhitei*.

Cirrhiteini ossibus intermaxillaribus valde productis ramo ascendente et descendente denticulatis; corpore subelongato; capite valde acuto.

OXYCIRRHITES Blkr (1856).

Dentes maxillis omnes parvi. Dentes vomerini; palatini nulli. Nares anteriores cirratae. Squamae genis pauciseriatae, trunco 50 circ. in serie longitudinali. Pinnae dorsalis radiis 13 vel 14, analis radiis 7 vel 8.

Spec. typ. *Oxycirrhites typus* Blkr.

Phalanx **Cheilodactylini.**

Cirrhiteiformes corpore oblongo vel subelongato, capite superne squamato, maxillis dentibus caninis nullis; dentibus palatinis nullis; praeoperculo edentulo; pinna dorsali basi vagina squamosa, spinis 15 ad 24.

Chironemus CV. (1829) = Threpterus Rich.

Dentes maxillis pluriseriati. Dentes vomerini. Nares anteriores cirratae. Genae alepidotae. Squamae trunco 50 ad 60 in serie longitudinali. Pinnae dorsalis, spinosa radiosa longior, spinis 15 et radiis 16 ad 18; analis radiosa dorsali radiosa plus duplo brevior radiis 6 vel 7; caudalis integra.

Spec. typ. *Chironemus georgianus* CV.

CHEILODACTYLUS Lac. (1803) = Trichopterus Gron. (1854 Cat. ed. Gray) = Pteronemus V. d. Hœv. = Chilodactylus Günth. = Chirodactylus, Dactylosparus, Dactylopagrus, Acantholatrix, Goniistius Gill.

Dentes maxillis pluriseriati; vomerini nulli. Genae et ossa opercularia squamata. Rostrum et maxilla inferior squamis nullis. Squamae trunco 50 ad 75 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis spinosa radiosa non ad sat multo longior, spinis 17 vel 18 et radiis 23 ad 32; pectorales radiis simplicibus plus minusve productis; analis radiosa dorsali radiosa duplo ad plus triplo brevior radiis 7 ad 12; caudalis biloba.

Spec. typ. *Cheilodactylus fasciatus* Lac.

Subg. *Cheilodactylus* Lac. — Spinae dorsales mediae ceteris longiores. — Spec. typ. *Cheilodactylus fasciatus* Lac.

» *Goniistius* Gill (1862). — Spinae dorsales 3 anteriores valde breves, 4^a et sequentes ceteris multo longiores. — Spec. typ. *Goniistius zonatus* Gill = *Cheilodactylus zonatus* CV.

NEMADACTYLUS Rich. (1839) = Nematodactylus Gill.

Dentes maxillis minimi uniseriati; vomerini nulli. Genae et ossa opercularia squamis nullis. Nares non cirratae. Squamae trunco tenuissimae, 55 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinosa et radiosa subaequilongae, spinis 17 et radiis 27 vel 28; pectorales radiis simplicibus plus minusve productis; analis radiosa dorsali radiosa duplo brevior radiis 13 vel 14; caudalis biloba.

Spec. typ. *Nemadactylus concinnus* Rich.

MENDOSOMA Gay (Guich.) 1847.

Dentes intermaxillares pluriseriati; inframaxillares et vomerini nulli. Caput, maxilla superiore excepta, ubique squamatum. Squamae trunco 75 ad 80 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis spinosa dorsali radiosa duplo vel plus duplo longior, spinis 23 vel 24 et radiis 24 vel 25; pectorales radiis simplicibus non productis; analis radiosa dorsali radiosa multo minus duplo brevior radiis 18 vel 19; caudalis biloba.

Spec. typ. *Mendosoma lineatum* Gay.

LATRIS Rich. (1839) = Latridopsis Gill.

Dentes maxillis pluriseriati. Dentes vomerini, vel nulli (decidui?). Rostrum, genae et ossa opercularia squamata. Squamae trunco 80 ad 110 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis, spinosa et radiosa subaequilongae, spinis 17 vel 18 et radiis 36 ad 39; pectorales radiis simplicibus vix productis; analis radiosa dorsali radiosa multo minus duplo brevior, radiis 28 ad 32 postico radio dorsali postico subopposito; caudalis biloba.

Spec. typ. *Latris hecateia* Rich.

Subfamilia APLODACTYLIFORMES.

Cirrhiteoidei dentibus maxillis compressis incisivis tricuspidatis vel lobatis; capite obtuso; ore parvo; praeoperculo edentulo; dorsali basi vagina squamosa; caudali radiis fissis 15.

APLODACTYLUS CV. (1831) = Haplodactylus Günth. = Dactylosargus Gill.

Dentes utraque maxilla pluriseriati. Dentes vomerini. Caput regione temporali, genis operculisque squamatum. Squamae trunco plus quam 100 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis profunde emarginata, spinosa et radiosa subaequilongae, spinis 16 vel 17 et radiis 18 ad 21; analis radiosa dorsali radiosa triplo vel plus triplo brevior, radiis 7 vel 8. B. 6.

Spec. typ. *Aplodactylus punctatus* CV.

CRINODUS Gill (1862).

Dentes intermaxillares pluriseriati, inframaxillares uniseriati. Dentes vomerini nulli. Caput genis operculisque squamatum. Squamae trunco 80 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis, spinosa et radiosa subaequilongae, spinis 17 et radiis 20; analis radiosa dorsali radiosa triplo circ. brevior. B. 5.

Spec. typ. *Crinodus lophodon* Gill = Haplodactylus lophodon Günth.

IX. Familia NANDOIDEI.

Percae corpore oblongo vel oblongo-ovali valde compresso, squamis ctenoideis vestito; capite squamato non vel non multo longiore quam alto; ore antico; dentibus maxillis, vomerinis, palatinis, sphenoideis; dentibus caninis nullis; linea laterali interrupta; pinnis verticalibus plicatilibus, dorsali indivisa parte spinosa parte radiosa duplo vel plus duplo longiore spinis 13 ad 17 et radiis 7 ad 17, pectoralibus rotundatis radiis inferioribus fissis; ventralibus radiis fissis 5; anali spinis 3 vel 4 et radiis 5 ad 9; caudali convexa radiis fissis 12; apertura branchiali sub gula continua; ossibus pharyngealibus inferioribus non coalitis; pseudo-branchiis nullis.

NANDUS Cuv. (1831) = *Bedula* Gr.

Dentes sphenoides et linguales in vittam gracilem dispositi. Maxilla superior maxime protractilis ramo intermaxillari adscendente verticem attingente. Praeoperculum denticulatum. Operculum spina unica. Membrana interbranchialis profunde incisa gracilis alepidota. Linea lateralis basi caudalis desinens. Squamae inguinales elongatae nullae. Squamae trunco 35 ad 60 in serie longitudinali. Isthmus interventralis squama elongata composita. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa triplo vel plus triplo longiore, spinis 13 vel 14 et radiis 11 ad 13; analis spinis 3 et radiis 5 ad 7. B. 6.

BADIS Blkr (1853).

Dentes linguales nulli. Maxilla superior mediocriter protractilis ramo intermaxillari adscendente brevi. Rictus oris parvus. Praeoperculum edentulum. Operculum spina unica. Membrana interbranchialis profunde incisa gracilis alepidota. Squamae trunco 30 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa triplo vel plus triplo longiore, spinis 14 ad 17 et radiis 7 vel 8; analis spinis 3 et radiis 6 vel 7. B. 6.

Spec. typ. *Badis Buchananii* Blkr.

PRISTOLEPIS Jerd. (1848) = *Catopra* Blkr (1851) = *Paranandus* Day.

Dentes sphenoides et linguales obtusi vel graniformes. Maxilla superior ramo intermaxillari adscendente brevi. Rictus mediocris. Praeoperculum denticulatum. Operculum spinis 2. Membrana interbranchialis vix emarginata lata squamata. Linea lateralis pinna caudali continua. Squamae trunco 28 ad 30 in serie longitudinali. Inguines et isthmus interventralis squama elongata. Pinnae; dorsalis parte radiosa parte spinosa duplo circiter longiore spinis 13 ad 16 et radiis 11 ad 17; analis spinis 3 vel 4 et radiis 8 vel 9. B. 6.

Spec. typ. *Pristolepis marginatus* Jerd.

X. Familia POLYCENTROIDEI.

Percae corpore oblongo-ovali valde compresso squamis ctenoideis vestito; ore antico protractili; dentibus maxillis parvis; membrana branchiali cum membrana lateris oppositi non unita; linea laterali inconspicua vel parum evoluta; pinnis dorsali et anali parte spinosa parte radiosa plus triplo ad pluritoties longiore, dorsali spinis 16 ad 18, anali spinis 13 vel 14; ventralibus sub basi pectoralium insertis radiis 5; ossibus pharyngealibus inferioribus non coalitis. B. 6.

POLYCENTRUS Müll. Trosch. (1848).

Dentes palatini. Os suborbitale et praeoperculum serrata. Maxilla inferior cirro nullo. Squamae trunco 30 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis 16 ad 18 et radiis 7 vel 8, analis spinis 13 vel 14 et radiis 7. Branchiae 4. Linea lateralis inconspicua.

Spec. typ. *Polycentrus Schomburgkii* Müll. Trosch.

MONOCIRRHUS Heck. (1840).

Dentes vomerini nulli. Os suborbitale et praeoperculum non serrata. Maxilla inferior antice cirro carnosus. Squamae trunco 35 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis spinis 17 et radiis indivisis 12, analis spinis 13 et radiis 12. Branchiae 3. Linea lateralis parum evoluta.

Spec. typ. *Monocirrhus polyacanthus* Heck.

XI. Familia PSEUDOCHROMIDOIDEI.

Percae corpore oblongo vel subelongato squamis vulgo ctenoideis rarissime cycloideis vestito; capite minus duplo longiore quam alto; ore antico; dentibus maxillis et vomerinis acutis; dentibus sphenoideis nullis; apertura branchiali sub gula continua; inguinibus squama elongata nulla; linea laterali interrupta; pinnis, dorsali unica longa; pectoralibus non digitatis dimidio inferiore radiis incrassatis simplicibus nullis; ventralibus radiis fissis 5 vel 4; anali radiosa dorsali radiosa non longiore; caudali integra radiis fissis 15; ossibus pharyngealibus inferioribus non coalitis; pseudobranchiis. B. 5 vel 6.

Phalanx Cichlopsini.

Pseudochromidoidei squamis ctenoideis, membrana gulo-interbranchiali parum emarginata, spinis dorsi gracilibus totis vel majore parte membrana unitis; pinnis ventralibus radiis incrassatis nullis.

CICHOLOPS Müll. Trosch. (1849) = Labracinus Mus. L. B.

Dentes maxillis ex parte canini et vomerini. Dentes palatini nulli. Corpus oblongum valde compressum. Caput obtusum superne squamatum. Rictus valde curvatus. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco 60 circ. in serie longitudinali. Pinnae dorsalis et analis basi squamatae, dorsali spinis 2 et radiis 24 ad 26; analis dorsali radiosa plus duplo brevior spinis 3 et radiis 14 vel 15. B. 6. V. 1/5.

Spec. typ. *Cichlops cyclophthalmus* Müll. Trosch.

PSEUDOCHROMIS Rüpp. (1835) = Labristoma Swns.

Dentes maxillis ex parte canini. Dentes vomerini et palatini. Corpus oblongum vel subelongatum. Caput acutiusculum superne squamatum. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco 33 ad 45

in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis et analis alepidotae, dorsalis spinis 2 vel 3 et radiis 21 ad 28, analis dorsali radiosa duplo circ. brevior spinis 2 vel 3 et radiis 13 ad 15. B. 6. V. 1/5.

Spec. typ. *Pseudochromis olivaceus* Rüpp.

Subg. *Pseudochromis* Rüpp. — Spinae dorsales et spinae anales 3 pungentes. Radius ventralis secundus ceteris longior. — Spec. typ. *Pseudochromis olivaceus* Rüpp.

Subg. *Leptochromis* Blkr (1873). — Spinae dorsales et spinae anales 2 non pungentes. Radius ventralis tertius ceteris longior. — Spec. typ. *Pseudochromis melanotaenia* Blkr.

PSEUDOGRAMMA Blkr (1873).

Dentes maxillis canini nulli. Dentes vomerini et palatini. Corpus oblongum. Caput acutiusculum superne squamatum Praeoperculum superne spinula armatum. Squamae trunco 50 circ. in serie longitudinali. Pinnae dorsalis et analis basi squamatae, dorsalis spinis 7 et radiis 19 vel 20, analis dorsali radiosae subaequalis spinis 3 et radiis 16 vel 17. B. 6. V. 1/5.

Spec. typ. *Pseudogramma polyacanthus* Blkr.

GRAMMA Poey (1871).

Dentes maxillis canini nulli. Dentes palatini. Corpus oblongum. Caput acutiusculum superne alepidotum. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco 45 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis et analis alepidotae, dorsalis parte spinosa parte radiosa duplo circ. longiore, analis dorsali radiosae subaequalis. B. 6. D. 12/9. A. 3/9. V. 1/5.

Spec. typ. *Gramma loreto* Poey.

TRACHINOPS Günth. (1861).

Dentes maxillis canini nulli. Dentes palatini. Caput obtusum superne alepidotum. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco

ex parte ciliatae 62 circ. in serie longitudinali. Pinnae dorsalis et analis alepidotae; dorsalis spinosa, dorsalis radiosa et analis subaequilongae. B. 5. D. 14/16. A. 3/20. V. 1/4.

Spec. typ. *Trachinops taeniatus* Günth.

Phalanx Plesiopini.

Pseudochromidoidei squamis ctenoideis, membrana gulo-interbranchiali profunde incisa; pinnis dorsali et anali basi squamatis, dorsali parte spinosa parte radiosa multo longiore spinis rigidis parte basali tantum membrana unitis, ventralibus radiis 2 anterioribus simplicibus incrassatis elongatis basi subunitis. V. 1/5.

PLESIOPS Cuv. (1817) = Cirrhiptera K. V. H. = Pharopteryx Rüpp. (1828 nec 1852).

Dentes maxillis, vomerini, palatini; canini nulli. Lingua edentula. Dentes pharyngeales conici acuti. Squamae trunco 26 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 11 vel 12 et radiis 7 ad 9. A. 3/8 vel 3/9. B. 6.

Spec. typ. *Plesiops nigricans* Rüpp. = Pharopteryx nigricans Rüpp.

PARAPLESIOPS Blkr (1873).

Dentes maxillis, vomerini, palatini, linguales; canini nulli. Dentes pharyngeales inferiores conici obtusi. Squamae trunco 45 circ. in serie longitudinali. Pinna dorsalis spinis 12 et radiis 9. A. 3/10. B. 5.

Spec. typ. *Plesiops Bleekeri* Günth.

Phalanx Pseudoplesiopini.

Pseudochromidoidei squamis cycloideis, membrana gulo-interbranchiali profunde incisa; pinnis, dorsali parte spinosa parte radiosa longiore spinis gracillimis flexibilibus, ventralibus radiis 2 anterioribus simplicibus incrassatis elongatis.

PSEUDOPLESIOPS Blkr (1858).

Dentes maxillis pluriseriati ex parte canini. Dentes vomerini. Dentes palatini et linguales nulli. Corpus oblongum. Caput superne ossibusque opercularibus squamatum. Squamae trunco 36 circ. in serie longitudinali. Pinnae, dorsalis et analis alepidotae, dorsalis spinis 16 et radiis 9 vel 10, analis spina unica flexili et radiis 15 ex parte simplicibus. B. 6.

Spec. typ. *Pseudoplesiops typus* Blkr.

XI. Familia SCIAENOIDEI.

Percae corpore oblongo vel subelongato compresso, squamis tenuibus oblique insertis ciliatis vel non ciliatis vestito; capite minus duplo longiore quam alto ubique fere squamato, ossibus ex parte lacunosus; dentibus maxillis acutis, maxilla inferiore rarissime nullis; palato edentulo; apertura branchiali sub gula continua; membrana interbranchiali profunde incisa; inguinibus squamis plus minusve elongatis; linea laterali usque ad caudalis marginem posteriorem producta; pinnis, dorsali unica emarginata spinis gracilibus homacanthis 8 ad 12, parte spinosa parte radiosa multo brevior; pectoralibus radiis simplicibus incrassatis nullis; ventralibus sub basi vel vix ante basin pectoralium insertis; anali spinis 2 vel 1 parte radiosa dorsali radiosa triplo ad plus quintuplo brevior; caudali nunquam profunde biloba radiis fissis 15; vesica aërea (quum adest) fimbriata vel appendiculata. Ossa pharyngealia inferiora libera, rarissime coalita. B. 7.

Phalanx Sciaenini.

Sciaenoidei maxilla superiore inferiore longiore, rictu subhorizontali vel parum obliquo; dentibus maxillis parvis caninis vel caninoideis nullis, serie externa subaequilongis.

Subphalanx *Equiti*.

Sciaenini pinna dorsali parte spinosa valde elevata parte radiosa plus triplo brevior.

EQUES Bl. (1793).

Dentes maxillis pluriseriati parvi aequales. Maxilla inferior cirris nullis. Squamae trunco 60 circ. in serie longitudinali. Pinnae verticales totae squamatae; dorsalis spinis 11 ad 17 et radiis 38 ad 53; analis dorsali radiosa plus sextuplo brevior spinis 2 et radiis 7 ad 10; caudalis convexa.

Spec. typ. *Eques americanus* Bl. = *Eques lanceolatus* Cast.

Subphalanx *Aplodinoti*.

Sciaenini pinna dorsali parte spinosa parte radiosa minus duplo ad minus triplo brevior, ossibus pharyngealibus inferioribus triquetris juxtapositis vel coalitis dentibus ex parte molaribus.

APLODINOTUS Raf. (1818) = *Ambledon* Raf. 1820 (nec 1818)
= *Haploidonotus* Gill.

Dentes maxillis pluriseriati, intermaxillares serie externa ceteris longiores. Ossa pharyngealia inferiora aetate propectis coalita. Maxilla inferior cirris nullis. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco ctenoideae 55 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis spinis 9 vel 10 et radiis 30 ad 32, analis spinis 2 et radiis 7, caudalis convexa.

Spec. typ. *Aplodinotus grunniens* Raf. = *Corvina oscula* CV.

POGONIAS Lac. (1802) = *Cheilotrema* Tschudi?

Dentes maxillis pluriseriati. Ossa pharyngealia inferiora aetate propectis coalita. Maxilla inferior cirris numerosis. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco 43 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis spinis sat validis 10 vel 11 et radiis 22 vel 23, analis spinis 2 et radiis 7, caudalis convexa.

Spec. typ. *Pogonias fasciatus* Lac.

LEIOSTOMUS Lac. (1802) = Liostomus Gill.

Dentes intermaxillares pluriseriati aequales, inframaxillares nulli. Ossa pharyngealia inferiora libera. Maxilla inferior cirris pluribus. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco ctenoideae 60? circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis spinis 10 vel 11 et radiis 30 ad 34, analis spinis 2 et radiis 13, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Leiostomus xanthurus* Lac.

Subphalanx *Johnii*.

Sciaenini pinna dorsali parte spinosa parte radiosa minus duplo ad minus triplo brevior, dentibus pharyngealibus molaribus nullis.

a. *Maxilla inferior cirrata*.

GENYONEMUS Gill (1861).

Dentes maxillis pluriseriati aequales. Maxilla inferior cirris pluribus brevibus. Praeoperculum edentulum. Squamae trunco ctenoideae 60? circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo brevior spinis 13 et radiis 22, analis spinis 2 et radiis 12, caudalis emarginata.

Spec. typ. *Genyonemus lineatus* Gill = *Leiostomus lineatus* Ayr.

PARALONCHURUS Boc. (1869) = Polycirrus Boc.

Dentes maxillis pluriseriati. Maxilla inferior cirris pluribus et symphysi cirro unico multifido. Squamae trunco ctenoideae vel cycloideae 50 circ. in linea laterali. Pinnae; dorsalis profunde emarginata spinis 10 vel 11 et radiis 22 ad 31, analis spinis 2 et radiis 8 vel 9, caudalis acuta. B. 5.

Spec. typ. *Paralonchurus Petersii* Boc.

LONCHURUS Bl. (1793).

Dentes maxillis pluriseriati, intermaxillares serie externa ceteris vix longiores. Maxilla inferior antice cirris 2 brevibus. Squamae

trunco 60 ad 70 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa plus duplo brevior, spinis 10 vel 11 et radiis 38 ad 40, pectorales capite multo longiores, analis spinis 2 et radiis 8 vel 9, caudalis lanceolata capite multo longior.

Spec. typ. *Lonchurus lanceolatus* Günth. = *Lonchurus barbatus* Bl.

MICROPOGON CV. (1830).

Dentes maxillis pluriseriati, intermaxillares serie externa ceteris longiores. Maxilla inferior cirris pluribus brevibus. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco ctenoideae 55 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo brevior spinis 10 et radiis 28 ad 30, analis spinis 2 et radiis 8, caudalis convexa.

Spec. typ. *Micropogon costatus* De Kay = *Micropogon lineatus* CV.

PACHYPOPS Gill (1861).

Dentes maxillis pluriseriati aequales. Maxilla inferior antice cirris 3 brevibus. Praeoperculum denticulatum. Squamae trunco 70 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo brevior, spinis 10 et radiis 25, pectorales capite breviores, analis spinis 2 et radiis 6, caudalis subrhomboidea.

Spec. typ. *Pachypops trifilis* Gill.

SCIAENA Art. (1738) = Umbrina Cuv. = Menticirrhus, Cirrhimens Gill.

Dentes maxillis pluriseriati, intermaxillares serie externa ceteris longiores. Maxilla inferior antice cirro unico carnosio. Squamae trunco ctenoideae vel cycloideae 40 ad 80 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa duplo vel minus duplo brevior spinis 9 ad 13 et radiis 22 ad 32, analis spinis 2 vel 1 et radiis 7 ad 10, caudalis obtusa.

Spec. typ. *Sciaena cirrhosa* L.

b. *Maxilla inferior cirro nullo.*

PACHYURUS Ag. (1829) nec Swns. = Lepipterus CV.

Dentes maxillis pluriseriati aequales. Squamae trunco ctenoideae 85 ad 96 in serie longitudinali. Pinnae; verticales dense squamatae, dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo brevior spinis 10 vel 11 et radiis 26 ad 36, analis dorsali radiosa plus quintuplo brevior spinis 2 et radiis 7 ad 9, caudalis subrhomboidea.

Spec. typ. *Pachyurus squamipinnis* Ag.

JOHNIUS Bl. (1793) = Stellifer, Corvina Cuv. = Bola Ham.

Buch. = Homoprion Holbr. = Sciaenops Gill; an et = Ophioscion Gill?

Dentes maxillis pluriseriati, intermaxillares serie externa ceteris longiores. Maxilla superior deorsum protractilis. Squamae trunco ctenoideae 40 ad 80 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus ad plus duplo brevior spinis 8 ad 11 et radiis 22 ad 34, analis spinis 2 et radiis 6 ad 9, caudalis obtusa.

Spec. typ. *Johnius carutta* Bl.

Phalanx **Hemisciaenini.**

Sciaenoidei maxillis subaequilongis vel inferiore superiore longiore; rictu obliquo lato.

Subphalanx *Pseudosciaeni.*

Hemisciaenini dentibus caninis veris nullis.

NEBRIS CV. (1830).

Dentes maxillis pluriseriati parvi, intermaxillares serie externa ceteris vix longiores, inframaxillares aequales. Rictus valde obliquus. Maxilla inferior superiore longior. Oculi diametro 10 ad 11 in

longitudine capitis. Squamae trunco ex parte ctenoideae ex parte cycloideae, 85 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa plus triplo brevior spinis 9 et radiis 32, analis spinis 2 et radiis 10 vel 11, caudalis subrhomboidea.

Spec. typ. *Nebria microps* CV.

HEMISCIAENA Blkr (1862).

Dentes maxillis parvi, intermaxillares anteriores uni-vel subbiseriati laterales multiseriati aequales, inframaxillares inaequales anteriores pluriseriati laterales biseriati serie externa fortiores. Maxillae subaequales. Os supramaxillare fenestratum. Crista occipitalis dentata. Squamae trunco cycloideae 55 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa duplo circ. brevior spinis 9 et radiis 26; analis spinis 2 et radiis 11 vel 12, caudalis lanceolata. Vertebrae 11/18.

Spec. typ. *Hemisciaena lucida* Blkr = *Sciaena lucida* Rich.

AMBLYSCION Gill. (1863). -- Genus parum cognitum, Larimo affine.

Dentes maxillis uniseriati. Corpus oblongum. Linea rostro-occipitalis recta. Rictus subverticalis. Pinnae, dorsalis spinis 11 et radiis 29, analis spinis 2 et radiis 6.

Spec. typ. *Amblyscion argenteus* Gill.

LARIMUS CV. (1830).

Dentes maxillis pluriseriati parvi, intermaxillares serie externa, inframaxillares serie externa ceteris longiores subaequales, symphysi intermaxillari utroque latere 2 introrsum spectantes. Rostrum valde breve. Rictus valde obliquus. Maxilla inferior superiore non brevior. Squamae trunco ctenoideae 45 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa duplo circ. brevior spinis 10 vel 11 et radiis 24 ad 30, analis spinis 2 et radiis 6 ad 9, caudalis convexa vel rhomboidea. Vertebrae 10/15.

Spec. typ. *Larimus breviceps* CV.

PSEUDOSCIAENA Blkr (1862) = Sciaena Cuv. (nec Art.) = Corvina Cuv. ex parte = Rhinoscion, Bairdiella, Apseudobranchus Gill = Plagioscion Gill? = Diplolepis Steind. = Pseudotolithus Blkr.

Dentes maxillis pluriseriati, intermaxillares serie externa ceteris conspicue longiores anteriores interdum caninoidei, inframaxillares serie interna ceteris conspicue longiores inaequales anteriores mediis breviores. Maxillae subaequales. Squamae trunco omnes vel ex parte ctenoideae, 40 ad plus quam 100 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus ad plus duplo brevior spinis 9 ad 11 et radiis 20 ad 38, analis spinis 2 et radiis 6 ad 8; caudalis rhomboidea vel truncata. Vertebrae 10/14 vel 12/13.

Spec. typ. *Sciaena aquila* Risso.

ATRACTOSCION Gill (1862).

Dentes maxillis; anteriores pluriseriati curvati inaequales; laterales, intermaxillares biseriati serie interna longiores, inframaxillares uniseriati curvati. Maxilla inferior superiore longior. Squamae trunco ctenoideae 100 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo brevior spinis 10 et radiis 29, analis spinis 2 et radiis 8, caudalis truncato-emarginata.

Spec. typ. *Atractoscion aequidens* CV. = Otolithus aequidens CV.

Subphalanx *Otolithi*.

Hemisciaenini dentibus caninis, maxilla inferiore superiore longiore.

ODONTOSCION Gill (1862) = Larimodon Kp, Mss. (1862).

Dentes maxillis pluriseriati serie externa elongati subulati curvati, inframaxillares inaequales anterior et posteriores canini. Oculi magni (3 circ. in longitudine capitis). Squamae trunco 50?

circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo brevior spinis 11 vel 12 et radiis 21 ad 24, analis spinis 2 et radiis 9, caudalis convexa.

Spec. typ. *Odontoscion dentex* Gill = *Corvina dentex* CV.

CYNOSCIION Gill (1861) = Archoscion, Anomiolepis Gill.

Dentes maxillis anteriores uni- ad triseriati, laterales uniseriati; intermaxillares antichi canini curvati, inframaxillares antichi breves. Squamae trunco ctenoideae vel cycloideae 60 ad 120 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus ad plus duplo brevior spinis 9 vel 10 et radiis 19 ad 30, analis spinis 2 vel 1 et radiis 11 ad 16; caudalis truncata vel subrhomboidea.

Spec. typ. *Cynoscion regalis* Gill = *Otolithus regalis* CV.

OTOLITHUS Cuv. (1817).

Dentes, intermaxillares bi- vel triseriati serie externa longiores anteriores canini curvati, inframaxillares antichi canini curvati laterales uniseriati. Caput acutum. Squamae trunco ctenoideae vel cycloideae 70 ad 100 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa minus duplo ad duplo brevior spinis 10 vel 11 et radiis 24 ad 31, analis spinis 2 et radiis 7 ad 13 parte radiosa dorsali radiosa minus sextuplo brevior, caudalis truncatiuscula vel rhomboidea. Vertebrae 14/10.

Spec. typ. *Otolithus ruber* CV. = *Johnius ruber* Bl. Schn.

SCIAENOIDES Blyth (1860) = *Collichthys* Günth. (1860).

Dentes intermaxillares pluriseriati serie externa longiores antichi canini curvati, inframaxillares biseriati serie interna ceteris longiores ex parte caninoidei. Corpus subelongatum. Rostrum convexum. Squamae trunco 70 ad 120 in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis parte spinosa parte radiosa triplo circ. brevior spinis 10 vel 11 et radiis 27 ad 43, analis spinis 2 et radiis 7 vel 8 parte radiosa dorsali radiosa sextuplo ad plus sextuplo brevior, caudalis rhomboidea vel lanceolata. Vertebrae 14/10.

Spec. typ. Blyth, *Otolithus biauritus* CV. — Spec. typ. Günth., *Collichthys lucida* Günth. ex parte.

ANCYLODON Cuv. (1817).

Dentes; intermaxillares pluriseriati, serie externa ceteris longiores sagittati, antici canini 2 elongati sagittati; inframaxillares biseriati, anteriores serie externa sagittati elongati serie interna minimi laterales serie interna inaequales sagittati serie externa minimi. Squamae trunco cycloideae 95 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsalis alepidota parte spinosa parte radiosa duplo circ. brevior spinis 11 et radiis 29 vel 30, analis spinis 2 et radiis 9 vel 10, caudalis lanceolata.

Spec. typ. *Ancylodon jaculidens* CV.

XII. Familia SILLAGINOIDEI.

Percae corpore subelongato vel elongato cylindrico-compresso; squamis oblique seriatis ctenoideis vestito; capite acuto duplo ad duplo fere longiore quam alto, squamato, ossibus pluribus lacunosus; maxillis et vomere dentatis; maxilla inferiore antice poris 3 vel 4; rictu parvo; praeoperculo serrato limbo inferiore horizontali limbo lateris oppositi contiguo; apertura branchiali subgula continua; inguinibus squama elongata nulla; linea laterali continua basi pinnae caudalis desinente; pinnis dorsalibus subcontiguis, anteriore posteriore multo brevior spinis gracilibus homocanthis 9 ad 12, posteriore spina debili et radiis 16 ad 26; pectoralibus radiis indivisis incrassatis nullis; ventralibus sub basi ventralium insertis; anali dorsali radiosa non vel paulo brevior spinis debilibus 2 vel 1 et radiis 15 ad 27; caudali radiis fissis 15; ossibus pharyngealibus inferioribus non coalitis dentibus acutis vel acutis et planis. B. 6.

SILLAGO Cuv. (1817).

Dentes maxillis omnes parvi. Rostrum conicum. Pinnae; dorsalis spinosa radiosa minus duplo brevior, analis et dorsalis

radiosa subaequilongae. Squamae trunco 50 ad 80 in serie longitudinali. D. 11—1/17 ad 23. A. 1/16 ad 2/23.

Spec. typ. *Sillago sihama* Rüpp. = *Sillago acuta* Cuv.

SILLAGINODES Gill (1861).

Dentes maxillis omnes parvi. Rostrum conicum. Pinnae; dorsalis spinosa radiosa duplo circ. brevior, analis dorsali radiosa brevior. Squamae trunco 170 circ. in serie longitudinali. D. 12—1/26. A. 1/22.

Spec. typ. *Sillago punctata* CV.

SILLAGINOPSIS Gill (1861) = *Sillaginichthys* Blkr (1859 sed diagnosi nulla).

Dentes maxillis serie externa anteriores caninoidei. Rostrum depressum. Pinnae; dorsalis spinosa radiosa plus triplo brevior, analis dorsali radiosa brevior. Squamae trunco 90 circ. in serie longitudinali. D. 9—1/27. A. 1/27.

Spec. typ. *Sillago domina* CV.

XIII. Familia MULLOIDEI.

Percae corpore oblongo-elongato compresso, squamis magnis ctenoideis vestito; capite squamato, ore antico vel subantico, dentibus maxillis acutis vel obtusis; apertura branchiali sub gula continua; cirris 2 hyoidalibus carnosus basi rigidis; linea laterali continua; inguinibus squama elongata; pinnis dorsalibus 2 plane separatis subaequilongis; ventralibus radiis incrassatis simplicibus nullis; ventralibus sub basi pectoralium insertis radiis fissis 5; anali dorsali radiosae subaequali; caudali biloba; ossibus pharyngealibus inferioribus non unitis. B. 4.

UPENEUS CV. (1829) = Hypeneus Cant. = Upeneoides Blkr = Megalepis Bianconi.

Dentes maxillis pluriseriati parvi acuti vel obtusi; vomerini et palatini; pharyngeales obtusi. Corpus oblongum vel subelongatum. Caput convexum. Rostrum obtusum squamatum. Operculum spina plana. Squamae trunco 30 ad 36 in serie longitudinali. Pinnæ dorsalis radiosa et analis antice squamatae. D. 8— $\frac{1}{8}$ vel 9. A. 2 vel $\frac{1}{6}$ vel 7.

Spec. typ. *Upeneus vittatus* CV. = Upeneoides vittatus Blkr.

UPENEICHTHYS Blkr (1848).

Dentes maxillis pluriseriati parvi. Dentes vomerini; palatini nulli. Corpus oblongum. Squamae trunco 28 circ. in serie longitudinali. D. 8/9. A. 7.

Spec. typ. *Upeneichthys porosus* Blkr = Upeneus porosus CV.

MULLOIDES Blkr (1848).

Dentes maxillis pluriseriati parvi; pharyngeales obtusi. Dentes vomerini et palatini nulli. Corpus subelongatum. Caput convexum. Rostrum obtusum squamatum. Operculum spina plana. Squamae trunco 35 ad 40 in serie longitudinali. D. 8— $\frac{1}{8}$ vel 9. A. $\frac{2}{6}$ vel 7. (an et D. 7— $\frac{1}{8}$, A. $\frac{1}{6}$?).

Spec. typ. *Mulloides flavolineatus* Blkr = Upeneus flavolineatus CV.

PSEUDUPENEUS Blkr (1862) = Mullhypeneus Poey.

Dentes maxillis conici, intermaxillares biseriati, inframaxillares uniseriati; vomerini et palatini nulli. Squamae trunco 28 ad 30 in serie longitudinali. D. 8— $\frac{1}{8}$ vel 9. A. $\frac{2}{6}$ vel $\frac{2}{7}$.

Spec. typ. *Pseudupeneus prayensis* Blkr. = Upeneus prayensis CV.

BRACHYMULLUS Blkr (1875).

Dentes utraque maxilla biseriati, intermaxillares serie externa obtusi ex parte confluentes; vomerini et palatini nulli. Corpus

oblongum. Squamae trunco 33 circ. in serie longitudinali. D. 8—9. A. 7.

Spec. typ. *Upeneus tetraspilus* Günth.

PARUPENEUS Blkr (1868).

Dentes, intermaxillares et inframaxillares uniseriati mediocres conici acutiusculi, pharyngeales pluriseriati conici. Dentes vomerini et palatini nulli. Squamae genis triseriatae, trunco 28 ad 30 in serie longitudinali. Squamae ventrales linea mediana obtuse carinatae. Pinnae dorsalis et analis alepidotae. D. 8—1/8 vel 1/9. A. 2/6 vel 7.

Spec. typ. *Parupeneus barberinus* Blkr = *Upeneus barberinus* CV.

MULLUS Kl. (1749) = *Trigla* Art. (nec L. 1735).

Dentes inframaxillares pluriseriati parvi; intermaxillares, vomerini. Dentes pharyngeales conici obtusiusculi. Corpus subelongatum. Caput convexum. Squamae trunco 40 circ. in serie longitudinali. D. 7—1/8. A. 2/6.

Spec. typ. *Mullus barbatus* L.

APPENDIX.

Subfamilia PERCAEFORMES.

Phalanx Apogonini.

EDELIA Cast. (1873).

Dentes vomero-palatini. Caput ubique squamis magnis vestitum. Praeoperculum edentulum. Operculum spinis 2. Os praeorbitale serratum. Maxilla inferior longior. Squamae 28 ad 32 in serie longitudinali. Linea lateralis interrupta. Pinnae; dorsales basi tantum continuae 7—1/9; analis 3/7 vel 3/8, caudalis convexa. B. 7.

Spec. typ. *Edelia vittata* Cast.

Genera Percoideorum dubiae affinitatis.

SCOMBROPISIFORMES.

Percoidei corpore subelongato compresso squamis imbricatis cycloideis tenuibus plus quam 40 in serie longitudinali vestito; capite squamato nec rugoso nec scabro; dentibus maxillis acutis; praeoperculo inermi; inguinibus squama elongata nulla; pinnis dorsalis plane separatis distantibus basi vagina squamosa libera nulla; anteriore spinis gracilibus homacanthis 4 ad 8; pectoralibus acutis; ventralibus sub basi vel vix post basin pectoralium insertis; analis spinis 2 vel 3, caudali radiis fassis 15; ossibus pharyngealibus inferioribus non unitis.

SCOMBROPS Schl. (1843) = Latebrus Poey? — Pseudamiae affine.

Dentes maxillis et vomero-palatini subulato-lanceolati. Lingua apice biloba. Squamae trunco deciduae 60 circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsales parum distantes, anterior posteriore vix brevior spinis 9 posteriore solitaria, posterior spina 1 et radiis 13 vel 14. Ventrals sub basi pectoralium insertae. Analis dorsali radiosae aequalis spinis 3 et radiis 12 vel 13; caudalis biloba. B. 7.

Spec. typ. *Scombrops cheilodipteroides* Blkr.

ISOPISTHUS Gill (1862) = Paraplesichthys Kp, Mss. (1862). —

Ancylodonti affine.

Dentes maxillis pluriseriati ex parte subulato-canini; vomero-palatini nulli. — Caput ossibus cavernosis. Squamae trunco 90? circ. in serie longitudinali. Pinnae; dorsales valde distantes, anterior spinis 7, posterior radiis 18 ad 20. Ventrals vix post basin pectoralium insertae. Analis dorsali radiosae aequalis spinis 2 et radiis 18 vel 19; caudalis integra.

Spec. typ. *Isopisthus parvipinnis* Gill = *Ancylodon parvipinnis* CV.

ADDENDA.

Synonymia Generum addenda.

- Lepomis Raf. = Apomotis Raf.
 Priacanthus Cuv. = Bogota Blyth.
 Centropristes Cuv. = Triloburus Gill.
 Paracanthistius Blkr — Confr. Bostockia Cast.
 Oligorus Günth. = Hectoria Cast. ?
 Plectropoma Cuv. (nec CV.) = Coius HB.
 Oxylabrax Blkr = Macrocephalus Browne 1754 (nec Fitz., Oliv.,
 Latr.) — nomen cui jus prioritatis.
 Centropomus Lac. = Schilum Krynicki.
 Therapon CV. 1829 = Therapon Cuv. 1817 (cui jus priorit.).
 Moronopsis Gill = Platysome Lién. (nec al.).
 Scolopsis Cuv. = Lycogenis K. V. H.
 Diabasis Desm. = Brachygenys Scudd.
 Conodon CV. = Apostata Heck.
 Etelis CV. = Verilus Poey.
 Aprion CV. = Vorax Poey.
 Lutjanus Bl. =? Odontolabrax Blkr, quod genus plane incertum
 sec. Icon. sinens. exactitudinis valde dubiae propositum.
 Dentex CV. Blkr = Spondyliosoma Cant.
 Sparus Art. = Aurata Risso.
 Diapterus Ranz. = Cichla Bl. Schn. (nec al.) = Moharra Poey.
 Microcanthus Swns. = Neochaetodon Cast. (1873).
 Cirrhites Comm. Lac. = Neocirrhites Cast.?

CORRIGENDA.

- Loco Brachydeuteurus Gill lege: Brachydeuterus Gill.
 " Seuvast. (auct. Spec. Chaet. quadrifasciati) lege: Sevast.
 " parte radiosa alepidota (diagnos. Phal. Microcanthin.)
 lege: alepidota, parte radiosa).

GENERA PERCARUM CONTRACTA.

(CONTINUATIO).

Familia **Embiotocoidi.**

Gen. Hysterochilus, Cymatogaster, Rhacochilus, Embiotoca, Brachyistius, Holconotus, Amphistichus, Ditrema.

Familia **Bogodoidei.**

Gen. Ambassis, Parambassis, Hamiltonia, Pseudambassis.

Familia **Chaetodontoidei.**Subfamilia 1. *Pimelepteriformes.*

Gen. Pimelepterus, Dipteron, Doidyxodon, Pachymetopon. Gymnocrotaphus, Girella, Tephraeops, Neotephraeops, Incisidens.

Subfamilia 2. *Proteracanthiformes.*

Gen. Proteracanthus, Tripteron.

Subfamilia 3. *Scorpidiformes.*Phalanx 1. *Microcanthini.*

Gen. Microcanthus, Atypichthys.

Phalanx 2. *Scorpidini.*

Gen. Scorpis, Caesiosoma.

Subfamilia 4. *Lepodontiformes.*

Gen. Lepodus, Taractes, Schuettea.

Subfamilia 5. *Chaetodipteriformes.*

Gen. Chaetodipterus, Ilarches, Harpochirus.

Subfamilia 6. *Scatophagiformes.*

Gen. Ephippus.

Subfamilia 7. *Taurichthyiformes*.Phalanx 1. *Chelmonini*.

Gen. Chelmon, Prognathodus.

Phalanx 2. *Taurichthyini*.

Gen. Parachaetodon, Taurichthys, Hemitaurichthys, Chelmonops, Coradion, Tetragonoptrus (Subgenera Citharoedus, Rabdophorus, Tetragonoptrus, Hemichaetodon, Chaetodontops, Lepidochaetodon, Linophora, Oxychaetodon, Gonochaetodon), Megaprotodon.

Subfamilia 8. *Holacanthiformes*.

Gen. Chaetodontoplus, Holacanthus, Acanthochaetodon, Chaetodon.

Subfamilia 9. *Plataciformes*.

Gen. Platax.

Subfamilia 10. *Zancliformes*.

Gen. Zanclus.

Familia **Hypsinotoidei**.

Gen. Hypsinotus, Capros.

Familia **Toxoteoidei**.

Gen. Toxotes, Amblytoxotes.

Familia **Pempheridoidei**.

Gen. Pempheris, Parapriacanthus.

Familia **CirrHITEOIDEI**.Subfamilia *CirrHITEIFORMES*.Phalanx *CirrHITEINI*.Subphalanx *CirrHITEI*.

Gen. CirrHITES, AmblycirrHITUS, ParacirrHITES, CirrHITICHTHYS.

Subphalanx *OXYCIRRHITEI*.

Gen. OXYCIRRHITES.

Phalanx *CHEILODACTYLINI*.

Gen. Chironemus, Cheilodactylus (Subg. Cheilodactylus, Goniistius), Nemadactylus, Mendosoma, Latris.

Subfamilia *Aplodactyliformes*.Gen. *Aplodactylus*, *Crinodus*.Familia **Nandoidei**.Gen. *Nandus*, *Badis*, *Pristolepis*.Familia **Polycentroidei**.Gen. *Polycentrus*, *Monocirrhus*.Familia **Pseudochromidoidei**.Phalanx 1. *Cichlopsini*.Gen. *Cichlops*, *Pseudochromis* (Subgen. *Pseudochromis*, *Leptochromis*), *Pseudogramma*, *Gramma*, *Trachinops*.Phalanx 2. *Plesiopini*.Gen. *Plesiops*, *Paraplesiops*.Phalanx 3. *Pseudoplesiopini*.Gen. *Pseudoplesiops*.Familia **Sciaenoidei**.Phalanx 1. *Sciaenini*.Subphalanx *Equiti*.Gen. *Eques*.Subphalanx *Aplodinoti*.Gen. *Aplodinotus*, *Pogonias*, *Leiostomus*.Subphalanx *Johnii*.Gen. *Genyonemus*, *Paralonchurus*, *Lonchurus*, *Micropogon*, *Pachypops*, *Sciaena*, *Rachyurus*, *Johnius*.Phalanx 2. *Hemisciaenini*.Subphalanx *Pseudosciaeni*.Gen. *Nebris*, *Hemisciaena*, *Amblyscion*, *Larimus*, *Pseudosciaena*, *Atractoscion*.Subphalanx *Otolithi*.Gen. *Odontoscion*, *Cynoscion*, *Otolithus*, *Sciaenoides*, *Ancylodon*.

Familia Sillaginoidei.

Gen. Sillago, Sillaginodes, Sillaginopsis.

Familia Mulloidei.

Gen. Upeneus, Upeneichthys, Mulloides, Pseudupeneus, Parupeneus, Brachymullus, Mullus.

APPENDIX.

Familia Percoidei.

Subfamilia *Percaeformes*.

Phalanx *Apogonini*.

Gen. Edelia Cast.

Scombropsiiformes.

Gen. Scombrops, Isopisthus.

Hagae-Comitis Calendis Decembris 1875.

CONTRIBUTIONS MYCOLOGIQUES,

PAR

C. A. J. A. OUDEMANS.

I.

Sur la nature et la valeur du genre *Ascospora*,
de la famille des Pyrénomycètes.

Grâce aux recherches de M. Tulasne et de M. de Bary, beaucoup de champignons, qui autrefois étaient regardés comme des espèces distinctes, ont été reconnus appartenir au cycle d'évolution de formes plus élevées. Dès lors, on s'est appliqué avec ardeur à compléter et à étendre les découvertes de ces éminents observateurs; marchant sur leurs traces, et appuyé soit sur de nouvelles expériences, soit sur l'analogie, on a travaillé à épurer le système mycologique, à rapprocher et à réunir sous un même chef ce qui ne pouvait plus prétendre à exister comme organisme autonome.

Personne ne contestera que cette tendance n'ait été la source d'un progrès considérable pour nos connaissances mycologiques, encore qu'il puisse devenir urgent, plus tard, de séparer le bon grain de l'ivraie. Mais il n'est pas douteux non plus que, par suite du désir général de contribuer à atteindre le grand but dont Tulasne et de Bary nous avaient montré le chemin, un assez grand nombre de champignons, auxquels leur structure imprimait le cachet de formes inférieures, sans qu'on réussit toutefois à établir leurs relations avec des formes plus parfaites, ont été,

sinon définitivement mis à l'écart, au moins provisoirement négligés, comme des êtres à l'étude desquels il paraissait inopportun de consacrer trop de temps.

De cette manière, on en est même venu à opposer une grande série de *Fungi perfecti*, — c'est-à-dire de champignons chez qui les mystères de l'origine, du mode de vie, de la reproduction et des métamorphoses étaient supposés connus ou à peu près connus, — à une autre série de *Fungi imperfecti*, dans laquelle on a rassemblé toutes les formes chez qui on n'a reconnu jusqu'ici aucune connexion avec des formes supérieures.

L'espèce de discrédit dans lequel étaient tombés ces *Champignons imparfaits* m'a fait penser qu'il pouvait ne pas être inutile de chercher à les connaître un peu mieux. Sous le rapport anatomique, en tout cas, on ne s'en était pas encore beaucoup occupé, et il ne paraissait pas impossible, au moins pour quelques-uns d'entre eux, d'arriver à savoir pourquoi les tentatives de les rattacher à d'autres formes avaient jusqu'ici toujours échoué, ou, si elles avaient réussi, pourquoi les opinions au sujet de ces liens de parenté présentaient encore souvent, chez des auteurs différents, une si grande divergence.

Un premier spécimen d'étude de ces champignons imparfaits est donné dans les pages suivantes. Elles sont consacrées au genre *Ascospora*, et feront pénétrer, je l'espère, un peu de lumière dans le labyrinthe d'opinions qui s'est formé autour de ces organismes.

Le genre *Ascospora*, de la famille des Pyrénomycètes, se trouve mentionné pour la première fois chez Fries, dans le tome 1^{er} de son *Systema Orbis vegetabilis*, paru en 1825, sous le titre particulier de *Plantae Homonemeae*. Page 112 de cet ouvrage, les caractères suivants sont assignés à ce genre: „Perithecia innata, ostiolo simplici. Nucleus granuloso-gelatinosus, primo faretus ascellis (thecis Auct.) oblongis globosisve, demum diffluens subcirrhose expulsus. Innatae.” Après cela, l'auteur ajoute: „Multae Sphaeriae epiphyllae huc spectant. A. *Aegopodii* (Sphaeria P.) pro typo habeo.

Omnes in foliis vel ramulis vivis nasci, sed in emarcidis demum fructificare videntur. Transeunt ad Cytisporeos, et fructificatione longe imperfectiore a praecedentibus admodum distant.”

Par l'emploi du mot „ascelli”, l'absence de mention des „spores”, et la circonstance que le *Syst. Orb. veget.* n'était pas accompagné de figures, Fries s'exposait au danger de voir sa pensée mal comprise, — éventualité qui, on s'en apercevra bientôt, ne tarda pas à se réaliser.

En suivant l'ordre des temps, nous rencontrons maintenant la *Flore générale des environs de Paris* de Chevalier, parue en 1826, et le *Systema vegetabilium* (16^e édition du Système de Linné) de Sprengel, paru en 1827. Mais, dans aucun de ces deux ouvrages, bien qu'ils comprennent aussi les Cryptogames, il n'est fait inention du genre *Ascospora*, très probablement parce que Fries, dans son *Systema Orb. veget.*, s'occupe bien de définir exactement les genres des Champignons, mais non d'en énumérer les espèces.

La *Scottish Cryptogamic Flora* de Greville, dont le tome 6^e et dernier parut en 1828, le *Botanicon gallicum* de Duby, publié en 1830, et la *Flora Cryptogamica Germaniae* de Wallroth, qui date de 1833, ne fournirent non plus aucun *Ascospora*. Dans tous ces ouvrages, de même que dans les deux précédents, l'*Ascospora Aegopodii* du *Syst. Orb. veget.* et l'*Asc. carpinea* de la *Summa Veget. Scand.* (voir plus loin) se trouvent encore toujours décrits sous les anciens noms de *Sphaeria Aegopodii* P. et *Sphaeria carpinea* Fr.

En 1836 seulement, dans le *Genera Plantarum* d'Endlicher, p. 32, le nouveau genre, resté inaperçu pendant 11 ans, fut enfin arraché à l'oubli. Il est à remarquer, toutefois, qu'Endlicher s'est permis en cette circonstance une couple de libertés dont il eût mieux fait de s'abstenir, et qui consistent en ce que 1^o il a changé le nom d'*Ascospora* en celui d'*Ascophora* 1), et 2^o au mot

1) On comprend difficilement comment Endlicher, au bas de sa diagnose, dans le membre de phrase imprimé en petits caractères, a pu s'exprimer comme si Fries, dont l'ouvrage et la page même sont cités par lui, avait donné au nouveau genre le nom *Ascophora*. C'est sans doute en suite de cette méprise qu'Endlicher ajouta un *s* à ce nom, afin de prévenir la confusion qui aurait pu résulter de ce que le nom *Ascophora* était déjà porté par un autre genre.

„ascelli” a substitué simplement „asci”, et à „globosis”, sans aucune explication, „subglobosis”. Par ces changements, la vraie pensée de Fries ne se trouvait certainement pas éclairée d’un jour meilleur. Le terme „ascelli” tendait sans doute à faire connaître que le mycologiste suédois n’était pas encore fixé sur la question de savoir si les organes douteux, observés par lui, devaient être assimilés à des spores ou à des sacs sporifères (asci); il était donc très risqué, de la part d’Endlicher, de trancher le nœud sans aucun éclaircissement témoignant de recherches originales, et d’apporter en outre une modification, si légère qu’elle soit, à un terme ayant rapport à la forme de ces organes.

Heureusement, dans les ouvrages de Corda, *Anleitung zum Studium der Mycologie* (a°. 1842, p. 126) et *Icones Fungorum*, V (a°. 1842, p. 30), non-seulement le nom primitif *Ascospora* fut rétabli, mais la diagnose fut aussi reproduite dans sa pureté originelle. A l’opposé d’Endlicher, toutefois, Corda hasarde la supposition que les „ascelli” de Fries ne sont autre chose que des „spores”, ajoutant qu’une seule et même espèce d’*Ascospora* (Fries n’avait cité que l’*Asc. Aegopodii*) n’aura sans doute qu’une seule forme de spores, — remarque évidemment dirigée contre les mots „oblongis globosisve”. Corda nous apprend aussi, d’après un des ouvrages de Montagne, que cet auteur ne s’est pas fait scrupule de parler d’une espèce d’*Ascospora* à „asques” et à „spores”, et il est d’avis que cette espèce n’était pas là à sa place, mais devait être transférée au genre *Dothidea*.

Par ce qui précède, on voit que, même en l’an 1842, les mycologistes ne savaient pas encore au juste quels champignons devaient être regardés comme des *Ascospora*. Et à cela, rien d’étonnant! La diagnose originelle avait été incontestablement formulée en termes obscurs, et l’application à des formes déterminées était d’autant plus difficile, que l’auteur n’avait cité qu’un seul exemple, — et encore, comme on le verra plus loin, un exemple très malheureusement choisi.

Dans la *Kryptogamen-Flora* de Rabenhorst, publiée en 1844, on cherche encore en vain le genre *Ascospora*; les deux espèces

que l'auteur aurait pu y ranger se trouvent décrites, p. 580, comme *Sphaeria brunneola* et *Sph. Aegopodii* ¹⁾.

Il était permis d'espérer que Fries, auquel les interprétations si diverses de sa phrase diagnostique n'avaient certainement pas échappé, aurait saisi avec empressement l'occasion qui lui était offerte en 1849, par la publication de sa *Summa vegetabilium Scandinaviae*, de lever tous les doutes au sujet de sa pensée; il était permis d'espérer que dans cet ouvrage, où devait être exposé pour la seconde fois le Système entier des Champignons, on pourrait trouver la clé de l'énigme proposée en 1825. Et pourtant, une nouvelle déception nous attend ici.

A la page 425 de la *Summa Veg. Scand.* nous trouvons d'abord une diagnose modifiée du genre *Ascospora*, formulée dans les termes suivants: „Perithecia globosa, subinnata e macula (in typicis crustosa) prominula. Sporidia rotundato-ovalia vel oblonga, obtusa, contigua, granulis farctae.” [farcta?]. En comparant cette diagnose à celle de 1825, on reconnaît immédiatement que le mot „ascelli” a été remplacé par „sporidia”, en on pourrait croire que maintenant il n'y a plus moyen de s'y tromper. Malheureusement, on indique alors le contenu de ces „sporidies”, on nous apprend qu'il se compose de granulations excessivement fines; puis, pour comble d'infortune, on nous renvoie, — et cela pour élucider la structure de l'espèce prise comme type, l'*Ascospora Aegopodii*, — à une figure dont l'explication est en désaccord complet avec la diagnose de la *Summa Veg. Sc.* On trouve cette figure (Pl. I, fig. 1) dans le second fascicule des *Mycologische Hefte* de Schmidt et Kunze (Leipzig, 1823), et l'explication à la page 27 de ce même fascicule. Or, cette explication, voici ce qu'elle dit: „Fig. 1. *Sphaeria Aegopodii* Pers., mässig vergrößert, ganz und senkrecht durchschnitten. a. die stark vergrößerten Schläuche und noch stärker vergrößerten Sporen.”

¹⁾ Nous passons sous silence quelques espèces exotiques d'*Ascospora* décrites par Léveillé (*Ann. d. Sc. nat.*, 1846, t. V, p. 276), parce qu'il est difficile de dire ce que sont les champignons formant le sujet de cette description.

On voit bien que les „sporidia” de Fries correspondent aux „Schläuche” (= Asci) de Schmidt, et ses „granuli” aux „Sporen” de Schmidt, mais cela n’empêche pas que le malencontreux accouplement de la diagnose modifiée de la *Summa Veg. Sc.* à une figure de 23 ans plus vieille, dans l’explication de laquelle se retrouvaient les termes qui avaient donné lieu à l’équivoque, ne dût conduire à de nouvelles divergences d’opinion; après comme avant la publication du dernier travail de Fries, les mycologistes couraient le danger de réunir sous le nom d’*Ascospora* des formes dont l’affinité n’était nullement à l’abri de tous les doutes.

La question de savoir si le genre *Ascospora* a des asques, oui ou non, resta donc ouverte, même après 1849. L’existence de ces organes n’avait pas été explicitement niée par Fries dans sa diagnose la plus récente, et le renvoi à la figure de Schmidt, sans le moindre commentaire, devait faire présumer qu’on aurait bien dûment à en tenir compte.

Quelques-uns de mes lecteurs pourraient regarder comme passablement indifférente la question du nom à donner aux organes problématiques des *Ascospora*, pourvu qu’on parvînt à se mettre d’accord au sujet de la structure anatomique par laquelle ce genre est caractérisé. A ceux-là je ferai remarquer que cette opinion ne serait plausible que si l’on pouvait partir de l’hypothèse que l’*Ascospora Aegopodii*, pris par Fries pour type du genre, est une plante connue. Mais c’est précisément le contraire qui est vrai: cet *Ascospora*, nous avons à le chercher. Or, je n’ai pas besoin de dire qu’il n’est nullement indifférent, lorsqu’on se livre à des investigations mycologiques, de savoir si l’on doit s’attendre, oui ou non, à rencontrer des asques.

On pourrait aussi s’étonner de l’indécision que Fries montre en ce point, et demander s’il est donc si difficile de distinguer un asque d’une spore. La réponse serait: dans les cas ordinaires, assurément non; mais chez les *Ascospora* on a affaire à des organes exceptionnels, trop grands et d’une forme trop peu constante pour être immédiatement reconnus pour spores, trop petits,

d'un aspect trop insolite et à contenu trop finement granuleux, pour que sans hésitation on leur applique le nom d'asques. Un peu de jeu est laissé ici à la fantaisie.

Comme toutefois les organes en question ressemblent beaucoup plus aux spores qu'aux asques des autres Pyrénomycètes, il est clair qu'en s'attachant à la recherche des seconds on aurait beaucoup moins de chances de réussite qu'en poursuivant celle des premières; d'où il résulte ensuite, que l'emploi du mot asques en un endroit et son omission dans un autre, ou la liaison d'une diagnose ne contenant pas ce mot à une figure dont l'explication le renferme, devaient nécessairement donner lieu à une confusion d'idées.

Je dois ajouter que le doute, concernant les champignons qu'on aurait dorénavant à rapporter aux *Ascospora*, était encore augmenté par trois circonstances, à savoir: 1° que Fries avait désigné comme type de son nouveau genre une plante qui, d'après lui, avait été nommée *Sphaeria Aegopodii* par Persoon; plante chez laquelle on pouvait donc avec quelque droit supposer l'existence d'asques de structure normale; 2° que les feuilles de l'*Aegopodium Podagraria*, qui servent de nourricières à l'*Ascospora Aegopodii* Fr., peuvent encore supporter deux autres Pyrénomycètes: *Septoria Aegopodii* Desm. et *Dothidea* (= *Phyllachora*) *Podagrariae* Fr., dont le premier, inconnu à Fries ¹⁾ et nulle part nommé dans ses ouvrages mycologiques, ne présente pas d'asques bien formés, tandis que le second, dans des circonstances favorables, peut en produire; enfin 3°, que d'après les échantillons mêmes de Persoon, étiquetés de sa main, et que j'ai pu consulter dans l'Herbier de l'État, à Leyde, où se trouve l'héritage mycologique de ce botaniste, celui-ci n'entendait nul-

¹⁾ La preuve qu'en 1846 Fries ne connaissait pas le *Septoria Aegopodii*, c'est que H. Hoffmann, dans le 4e fascicule de ses *Tabulae analyticae Fungorum*, paru en 1865, regardait ce champignon comme une espèce nouvelle, que Fries avait nommée, peu de temps auparavant, *Septoria Aegopodii*. Mais ce nom lui avait déjà été donné par Desmazières en 1833.

lement, sous le nom de *Sphaeria Aegopodii*, l'*Ascospora* de Fries, mais bien dûment le *Septoria* de Desmazières.

Quiconque cherchait l'*Ascospora* courait donc le risque de prendre pour lui l'une des deux autres plantes, ainsi qu'il arriva notamment à Desmazières (*Plantes Cryptogames de France*, 1^e Série, 1^e éd., n^o. 616; 2^e éd., n^o. 143) et à Caspary (Rabenhorst, *Herb. Myc.* Ed. II, n^o. 551); erreur d'autant plus facile à commettre, que le *Septoria Aegopodii*, qu'on trouve sous les numéros qui viennent d'être cités, donne aussi naissance dans ses périthèces à des organes à l'égard desquels on peut douter s'ils appartiennent aux asques ou aux spores.

Poursuivons maintenant l'histoire des *Ascospora*, et faisons ressortir que, même après l'apparition de la *Summa Veget. Scand.*, la vraie nature de ce genre ne fut pas comprise. En premier lieu, nous avons à nous arrêter à une publication de Montagne dans les *Ann. des Sciences nat.*, 3^e Sér., XI, p. 46 et 47 (a^o. 1849), intitulée: *Sixième Centurie de plantes cellulaires nouvelles, tant indigènes qu'exotiques*. On y lit que l'auteur divise le genre *Septoria* en trois sous-genres: *Euseptoria*, *Ascospora* Fr. et *Rhabdospora*, et que les *Ascospora* ont en propre les caractères suivants: „Spores cylindriques ou oblongues, le plus souvent droites, contenant manifestement une série de sporules globuleuses, qui persistent dans un tube ascomorphe.” Comme exemples à l'appui, l'auteur nomme l'*Ascospora acerina* Lév. et le *Septoria Oleae* Dur. et Mont.

Même sans entrer dans l'examen de ces exemples, il n'est pas difficile de montrer que Montagne ne s'était pas fait une idée correcte du genre *Ascospora*. Outre que Fries parle seulement de „sporidia rotundato-ovalia vel oblonga”, tandis que Montagne ajoute encore le mot „cylindriques”; outre que Fries, n'ayant pas admis dans sa diagnose des spores cylindriques (c'est-à-dire en bâtonnets), pouvait difficilement parler de spores droites ou courbes, tandis que Montagne, par les mots „le plus souvent droites”, reconnaissait tacitement avoir aussi quelquefois rencontré des spores d'*Ascospora* courbes; — nous trouvons le contenu

des spores décrit tout différemment chez les deux auteurs. Tandis que Fries fait mention de „sporidia granulis farcta”, Montagne parle de „spores. . . . contenant manifestement une série de sporules globuleuses”, à quoi il ajoute encore que celles-ci „persistent dans un tube ascomorphe”.

On voit clairement par là, que les *Ascospora* de Montagne n'ont avec ceux de Fries (dont le nombre était monté à 7 dans la *Summa Veg. Scand.*) rien de commun; conclusion justifiée, en outre, par les termes que l'auteur emploie dans la description de plusieurs espèces de ce genre, tant dans le tome déjà cité des *Ann. des Sc. nat.*, que dans le *Sylloge generum specierum-que plantarum cryptogamarum* (a^o. 1856, p. 275). Il y est question, en effet, de: „sporidis . . . breviter pedicellatis”; „sporidis linearibus . . . specie septatis”; „sporidis specie 3—septatis”, etc., tous caractères que Fries, dans son plus récent ouvrage, n'avait pas attribués aux spores d'*Ascospora*. Pour peu qu'on ait examiné au microscope le *Sphaeria Aegopodii*, cité comme type du nouveau genre par Fries, et, selon lui, figuré exactement chez Kunze, on ne peut douter un seul instant que Montagne n'a pas connu ce champignon et est tombé ainsi dans une méprise regrettable.

Si Montagne s'était écarté de la bonne voie, au sujet des *Ascospora*, que dire de Bonorden, dont la diagnose (*Handbuch der allgem. Mycologie*, 1851, p. 63) ne ressemble plus, même de très loin, à celle de Fries? On ne comprend guère que Bonorden, lorsqu'il traita de ce genre, n'ait pas montré un peu plus de respect pour le grand mycologue suédois, et encore moins que, écrivant un livre qui avait pour but d'opérer une réforme dans le Système mycologique, il ne se soit pas adressé à M. Fries, pour en obtenir les éclaircissements propres à lui faire mieux connaître le genre douteux. Puisque, chose singulière, il n'avait pu trouver lui-même aucune des 7 espèces citées par Fries, la prudence, pour ne pas dire davantage, commandait de chercher à se les procurer d'une autre manière. Par sa légèreté, Bonorden provoqua une confusion encore plus grande que celle qui existait déjà.

Il commence par rapporter le genre *Ascospora* à la famille des

Ascosporeés, à laquelle il accorde la possession d'asques (Die Astosporeen . . . bestehen . . . nur aus einem zarten Säckchen [Sacculus], welches in dem Mutterboden eingesenkt ist, allein die Sporen endogen in wahren Schläuchen bildet), et il décrit les spores de ce genre comme „zylindrisch, nicht septirt.” Quant au reste, les *Ascospora* ressemblent, d'après lui, aux *Dothidea*, desquels on sait que les asques ne sont pas contenus dans des périthèces propres, mais plongés dans les cavités d'un stroma noir de charbon, plus ou moins étendu. Les deux figures, 65 et 71, prises par l'auteur sur les *Ascospora pyrenophora* et *tripunctata*, montrent effectivement des asques claviformes, à 6 et à 8 spores.

Ceux qui peuvent consulter les ouvrages déjà itérativement cités de Fries et le 2^e fascicule des *Mycol. Hefte* de Schmidt et Kunze, se convaincront de suite que Bonorden a complètement rompu avec la tradition; qu'il a tacitement nié l'exactitude de la figure de Kunze, à laquelle pourtant Fries s'était référé en 1849, et qui nous fait voir un périthèce bien arrondi, indépendant, nullement immergé dans un stroma, et à contenu formé de cellules ovales, droites; enfin que, sans raison suffisante, il a substitué à la diagnose ancienne du genre *Ascospora* une diagnose toute nouvelle. Il est clair que, à partir de ce moment, il y avait à compter avec deux genres entièrement différents l'un de l'autre, quoique homonymes (*Ascospora* Fr. et *Ascospora* Bon.)

Bien que l'ordre chronologique, que nous avons adopté pour base de notre exposition, s'en trouve un peu dérangé, nous nous arrêterons encore un instant, afin de n'avoir plus à revenir au même auteur, à un autre ouvrage de Bonorden, publié en 1864 sous le titre: *Abhandlungen aus dem Gebiete der Mycologie*, et où il est encore parlé (p. 149) d'une espèce d'*Ascospora*. Celle-ci, *A. vibratilis*, qui vit sur des branches, est caractérisée: „peritheciis globosis, atris, nitidis, epidermide tectis, poro simplici apertis; sporis longis, cylindrico-oblongis, granulatis farctis; ascis crassis, lanceolatis, polysporis”.

Il appert de là que Bonorden est revenu de l'idée que les

Ascospora seraient des *Dothidea* à spores cylindriques et indivises, ce qui d'ailleurs ressort aussi de la circonstance que maintenant il reproduit la diagnose donnée par Fries dans sa *Summa Veg. Scand.* Ce qui n'est pas conforme, toutefois, à la manière de voir du savant suédois, c'est qu'il est assigné au genre en question une place dans la famille des Périsporiacées, laquelle se distinguerait par: „ein entwickeltes Pyrenium von hornartiger oder harter, zerbrechlicher Structur, und darin eine zweite, zartere, zellige oder fädige Hülle, oder ein Zellpolster an der Basis, von welcher die Schläuche und Paraphysen entspringen". Il n'y a donc aucun doute que l'*Ascospora vibratilis*, pas plus que les deux espèces précédentes du même auteur, ne saurait prendre place parmi les *Ascospora* de Fries. Evidemment, Bonorden a été entraîné sur une fausse voie, parce qu'il a regardé ses „asci polysporei" comme les mêmes organes que les „sporidia granulis farcta" de Fries, sans réfléchir que celui-ci, s'il avait réellement observé des „asci crassi, lanceolati", en aurait fait mention, et sans songer que des „granula" sont encore autre chose que des „spores".

Dans Fresenius, *Beiträge zur Mykologie* (a^{is} 1850 et 1863), et dans Berkeley, *Outlines of British Fungology* (1860), on ne trouve mentionné aucun *Ascospora*, mais dans Tulasne, *Selecta Fungorum Carpologia*, II, p. 286 (a^o. 1863), il est de nouveau consacré quelques lignes à ce genre. Sans citer d'espèces, Tulasne exprime l'opinion que les *Ascospora* de Fries doivent très probablement être regardés comme des „pycnides" ou des „spermogonies" du genre *Stigmatea*, quoique d'ailleurs il ne nomme aucun *Stigmatea* avec lequel un des *Ascospora* de Fries serait en rapport génétique. Si nous remarquons, toutefois, que sous le nom de „spermaties" (le contenu des spermogonies) Tulasne entend des: „Corpora aciculiformia, exilissima, continua, pallida, recta aut flexuosa", et sous celui de „stylospores" (le contenu des pycnides) des: „Corpora conidiorum instar ovata, oblonga vel lanceolata, crassa aut minima, modo recta, nunc incurvata, imo lunulata, simplicia, dimidiata aut multilocularia", tandis que Fries

attribue à ses *Ascospora* seulement des „sporidia rotundato-ovalia vel oblonga”, — la conclusion se présente d'elle-même, que Tulasne s'est trompé, tout au moins en essayant d'assimiler ceux-ci à des spermogonies; quant à la comparaison avec des pycnides, il resterait à voir si cette hypothèse peut soutenir l'épreuve d'un examen sérieux.

Dans la *Flore cryptogamique des Flandres* (1867) de Kickx, les *Ascospora* ne sont pas réunis sous un chef particulier, mais quelques-unes de leurs espèces se trouvent mentionnées, conformément à la doctrine de Tulasne, à l'article d'autres champignons. C'est ainsi que (p. 427) l'*Ascospora Aegopodii* Fr. est de nouveau confondu, à l'exemple de Desmazières et de Caspary, avec le *Septoria Aegopodii* Desm.; l'*Ascospora brunneola* Fr. ramené, tout aussi mal à propos, au genre *Sphaeria* (p. 359); et l'*Ascospora Ostruthii* Fr. considéré comme la spermogonie d'un *Sphaeria* (*S. Ostruthii*, p. 357), que Fries lui-même — remarquez-le bien — avait indiqué comme synonyme de cette espèce.

Jusqu'à un certain point, Kickx était excusable d'avoir pris l'*Ascospora Aegopodii* Fr. pour le même champignon que le *Septoria Aegopodii* Desm., à cause de la confusion que ses prédécesseurs avaient introduite dans la notion des *Ascospora*; mais, en tout cas, cette imitation ne témoigne pas d'une comparaison exacte des caractères de la plante que je viens de nommer en dernier lieu avec ceux que Fries avait attribués à ses *Ascospora*.

Quant à la tentative de ramener l'*Asc. brunneola* au genre *Sphaeria*, d'où Fries l'avait retirée, on doit la juger entièrement manquée, puisque Kickx, tout en déclarant regarder comme des „asci” les organes nommés „spores” par Fries, dut pourtant avouer qu'il n'avait jamais vu les spores de ces asques.

Enfin un examen spécial m'a convaincu du peu de valeur des raisons pour lesquelles Kickx a de nouveau rattaché aux *Sphaeria*, mais maintenant comme état spermogonique, l'*Ascospora Ostruthii* Fr., que Fries avait séparé de ce genre.

Ces raisons étaient exposées dans la phrase suivante: „Quoique la nature du nucléus ne soit pas bien connue dans la forme

parfaite de cette espèce, l'on ne saurait guère révoquer en doute l'existence des thèques. Rabenhorst les a d'ailleurs également observées (Voir l'observation qu'il a consignée sous son n° 550 de l'*Herb. myc.* ed. II, Cent. VI)". L'auteur déclare donc, d'abord, que jusqu'à l'année 1867, où sa Flore parut, la nature du nucléus mûr des périthèces était restée inconnue; ensuite il émet l'opinion, assez inattendue, qu'on peut néanmoins conclure à l'existence d'asques dans les périthèces mûrs; enfin il assure — fait qui, s'il était exact, aurait bien pu être mis en tête — que Rabenhorst avait observé les asques du *Sphaeria Ostruthii* adulte.

La preuve de cette assertion, l'auteur la trouvait dans le contenu de l'étiquette accompagnant le n° 550 de la seconde édition, publiée par Rabenhorst, de l'*Herbarium mycologicum* de Klotzsch. Voyons quelle confiance méritait cette étiquette.

Elle appartenait à un échantillon bien déterminé de l'*Ascospora Ostruthii*, récolté sur les feuilles de l'*Imperatoria Ostruthium* (en Bohême) par le Dr. Karl, et était ainsi conçue: „*Ascospora Ostruthii* Fr. *Summ.* 425. *Sphaeria Ostruthii* Corda *Icon.* IV, T. VIII, Fig. 118, at minime *Sphaeria Ostruthii* Fr. ex Desmaz. *Cr. de Fr.* Ed. I, N. 987 et Ed. II, N. 287, quæ omnino aliena planta et vera *Sphaeria*". Ces lignes étant signées par Karl, c'était donc à lui que revenait la responsabilité de leur contenu, et non à Rabenhorst, comme on aurait pu le croire d'après le texte de Kickx. Non pas Rabenhorst, mais Karl avait regardé l'un des champignons de la collection Desmazières comme un vrai *Sphaeria*.

En possession de la 1^{ère} édition de cette collection, je m'empressai naturellement d'examiner le n° 987 cité, qui portait effectivement le nom de *Sphaeria Ostruthii* Fr. J'éprouvai toutefois une déception complète dans mon attente, car entre le champignon, croissant sur les feuilles de l'*Angelica sylvestris*, que j'avais ici sous les yeux, et l'*Ascospora Ostruthii* de Karl lui-même, il me fut impossible de constater la moindre différence microscopique. Mais je reconnus, en même temps, que sur les feuilles de l'échantillon de Desmazières se trouvait encore un autre champignon, un *Cladosporium*, dont les conidies, par leur grandeur et leur

forme (moins par leur couleur) ressemblaient extrêmement aux asques vides d'un *Sphaeria*. Il fut alors pour moi hors de doute que Karl, trompé par ces conidies, avait cru à tort voir des asques dans les échantillons distribués par Desmazières.

De tout ce que je viens de dire, on peut tirer la conclusion: 1° que Kickx était dans l'erreur en croyant avoir découvert dans l'*Ascospora Ostruthii* l'état spermogonique du *Sphaeria Ostruthii*, et 2° qu'entre ces deux champignons il n'existe aucune différence. J'ajoute que l'état ascophore du (ci-devant) *Sphaeria Ostruthii*, état auquel le Dr. Karl croyait avoir affaire, n'a jusqu'ici été observé nulle part, ni par personne.

Venons-en maintenant aux *Symbolae mycologicae* de Fuckel, parues en 1869, et aux trois suites publiées en 1871, 1873 et 1875.

Page 94 de cet ouvrage, et page 19 de la seconde suite, nous voyons non-seulement le genre *Ascospora* rétabli dans ses droits, mais nous en trouvons aussi mentionnées ou décrites 10 espèces ¹⁾, dont 5 ²⁾ n'avaient pas été nommées par Fries dans sa *Summa Veg. Scand.* Pour la diagnose d'*Ascospora*, Fuckel renvoie à la „*Summa*”, et il classe ce genre, avec quelques autres, dans sa division des *Ascosporei*, qu'il caractérise ainsi: „Meist sehr kleine Kernpilze, mit sehr kleinen, oft für Sporen gehaltenen, Schläuchen. Perithecien mit unregelmässigen und undeutlichen Mündungen. Mit Ausnahme der Gattung *Ascospora*, Epiphyten ³⁾. Leben auf abgestorbenen und noch vegetirenden Pflanzentheilen. Conidien, Spermarien und Schlauchfrüchte bekannt. Typus: *Stigmatea*”.

On voit par cette citation que Fuckel se range du côté de Kunze, et regarde comme des asques tant les „*ascelli*” des „*Plantae*

¹⁾ *Ascospora cruenta* Str., *brunneola* Fr., *Pisi* Fuck., *carpineae* Fr., *Aegopodii* Fr., *Asteroma* Fr., *Solidaginis* Fr., *Mali* Fuck., *Dentariae* Fuck., *Scolopendrii* Fuck.

²⁾ *Ascospora cruenta*, *Pisi*, *Mali*, *Dentariae*, *Scolopendrii*.

³⁾ En opposition à *Endophytes*.

Homonemeae” que les „sporidia” de la „*Summa*”, et comme des spores les granulations qui y sont accumulées. Laissant pour le moment intacte la question de la justesse de cette opinion, je veux examiner avant tout si les espèces citées par Fuckel satisfont réellement aux conditions imposées par Fries au genre *Ascospora*; examen dont les résultats peuvent inspirer d’autant plus de confiance, que M. Fuckel a publié ces espèces dans sa collection des *Fungi Rhenani*, à une seule près, dont il a bien voulu me céder un échantillon tiré de son propre herbier.

1. *Ascospora cruenta* Str. (*Regensb. Flora*, 1850, p. 77). Ce champignon, rapporté d’abord par Kunze et Fries (*Syst. Myc.*, II, p. 531) au genre *Sphaeria*, ensuite par Fries (*Summa Veg. Sc.*, p. 426) au genre *Ascospora* (section *Phyllosticta*), enfin par Kickx (*Rech. pour servir à la Flore crypt. des Flandres*, IV, p. 22) au genre *Phyllosticta*, croît sur les feuilles du *Convallaria Polygonatum*, et se présente sous la forme de taches rouge de sang, du sein desquelles s’élève çà et là un périthèce. A l’état immûr, ces périthèces se montrent, tant sur la coupe verticale que sur la coupe horizontale, composés d’un pseudo-parenchyme de cellules polygonales, étroitement serrées les unes contre les autres, mais dont les couches externes, ordinairement au nombre de trois, formées d’éléments bruns plus solides, paraissent constituer la paroi, tandis que tous les autres éléments, incolores, semblent appartenir au contenu. Les périthèces mûrs ont la propriété, lorsqu’on les triture sous l’eau, ou lorsqu’on en met de minces lamelles en contact avec l’eau, d’abandonner une foule de corpuscules ovoïdes, oblongs ou un peu irréguliers, en moyenne longs de $\frac{1}{1000}$ ⁶ de mill. et larges de $\frac{1}{1000}$ ⁷ de mill., et dans lesquels on distingue une immense quantité de granulations, d’une petitesse qui défie toute mesure. Ce sont ces corpuscules qui ont été nommés asques par Fuckel, sporidies par Fries et par d’autres. Dans les périthèces qui se sont vidés, on découvre encore toujours les trois couches brunes, plus solides, dont nous avons parlé, de sorte qu’il ne peut y avoir de doute qu’elles représentent la paroi propre du périthèce. Les taches rouges, dans lesquelles les périthèces

sont immergés, sont des cellules du parenchyme foliaire et de l'épiderme, que pénètrent ou ne pénètrent pas les filaments du mycélium, mais qui doivent le changement de couleur, tant de leur contenu que de leurs parois, à l'influence de ces filaments. Même dans les périthèces mûrs, on ne rencontre jamais d'ouverture, par laquelle leur contenu pourrait s'échapper.

A raison de tout ce qui précède, il est indubitable que l'*Ascospora cruenta* est un vrai *Ascospora*, au sens que Fries attachait à ce nom. Si l'on demande toutefois qu'elle est la nature des corpuscules qui deviennent libres sous l'influence de l'eau, on doit répondre qu'ils ne sont assimilables ni à des „asques", ni à des „sporidies".

Une circonstance, en effet, qui ne paraît encore avoir été remarquée par personne, mais qui nous a frappé maintes fois, c'est que ces corpuscules sont entièrement formés du protoplasma des cellules incolores, lequel, très peu de temps après que ces cellules sont venues en contact avec l'eau, est expulsé avec force, les parois cellulaires, manifestement transformées en bassorine, éprouvant une distension considérable et finissant par se rompre. Ce phénomène s'accuse le mieux lorsque des coupes sont d'abord plongées dans l'alcool, et qu'ensuite on fait lentement se substituer l'eau à l'alcool, en tenant toujours l'œil fixé sur la préparation. Les réactifs ordinaires du protoplasma produisent leur effet sur les corpuscules librement flottants, sans qu'à la surface de ceux-ci se montre alors la moindre trace d'une couche incolore.

Grâce à cette observation, il devient compréhensible comment un seul et même organe a pu recevoir deux noms de signification très différente, et nous apprenons, en outre, que c'est bien à tort qu'une place a été assignée à l'*Ascospora cruenta*, à titre d'espèce autonome, dans le système mycologique. C'est à tort aussi que Kickx (*Flore cr. des Flandres*, I, p. 442), s'appuyant sur l'autorité de Tulasne (*Sel. Fung. Carp.*, II, p. 66)¹⁾,

¹⁾ Après avoir déclaré que ses vues sur la nature du genre *Dothidea* dérivent principalement de l'étude de deux espèces qui croissent sur des branches (*D. Ri-*

a voulu présenter ce champignon comme la spermogonie d'un *Dothidea* inconnu (*D. cruenta*). Abstraction faite de ce que les spermaties formées dans les spermogonies ont, de l'aveu même de Tulasne, un tout autre aspect que les corpuscules expulsés sous l'influence de l'eau de l'*Ascospora cruenta*, elles prennent naissance par étranglement au sommet d'hyphes privilégiés, et doivent par conséquent être regardées comme de vraies cellules.

2. *Ascospora brunneola* Fr. Ce champignon, rangé d'abord par Fries (*Syst. Myc.*, II, p. 526) parmi les *Sphaeria*, mais plus tard transporté par lui (*Summa Veg. Scand.*, p. 425) et par Fuckel (*Symb.*, p. 94 et *Fung. Rhen.*, n° 467) dans le genre *Ascospora*, d'où Kickx, comme il a été dit ci-dessus, le ramena de nouveau à son ancienne place, paraît ne se rencontrer jamais autrement qu'à l'état que nous avons appelé „immûr” chez l'*Asc. cruenta*. C'est du moins ce que nous croyons pouvoir inférer du fait: 1° que nous-même, ni dans les échantillons néerlandais, ni dans ceux qui provenaient de l'étranger, n'avons jamais vu autre chose que des périthèces, sans spores ni corpuscules ressemblant à des spores, et 2° que ni Fries (*S. M.*, II, p. 580), ni Berkeley (*Eng. Fl.*, V, p. 279), ni Rabenhorst (*Krypt. Fl.*, p. 580), ni Kickx (*Fl. crypt. des Flandres*, I, p. 359), ni Cooke (*Brit. Fungi*, p. 921), ni Fuckel (*Symb.*, p. 94) ne font mention de ces spores. La circonstance, toutefois, que les périthèces immûrs, étudiés au microscope, ressemblent beaucoup, — à une seule différence près, — l'existence d'une paroi brune et plus solide formée d'une seule couche de cellules, et non de trois, — aux périthèces immûrs de l'*Ascospora cruenta*, et que les feuilles sur lesquelles

besia et melanops), et s'être excusé de n'avoir provisoirement pas accordé d'attention à celles qui sont propres aux feuilles, Tulasne continue ainsi: „Causa vero talis exceptionis neutiquam in eo versatur quod *Dothidea* hujus modi minori dignas attentione habuerimus; quippe *Dothidea tinctoria* Trianae nobisque (in *Ann. Sc.* IV, t. IX [1858], p. 49) et *D. cruenta* (Kze) nostras, quas pariter scrutati sumus, affatim testantur varia fructuum genera vel *Dothideis* infimis larga manu impartita fuisse; dolemus tantum nobis hactenus locum tempusque simul defuisse hos fungillos apto modo explorandi”.

ils se développent appartiennent au *Convallaria majalis*, espèce très voisine de la plante nourricière du champignon qui vient d'être nommé, cette circonstance, dis-je, peut avoir contribué à faire réunir les deux parasites sous un même nom générique. Comme les échantillons publiés par Fuckel dans ses *Fungi Rhenani* concordent non-seulement avec toutes les descriptions, mais aussi avec les échantillons publiés dans d'autres collections ou provenant d'autres pays, il est juste d'admettre qu'il ne s'est pas trompé dans sa détermination et qu'il avait pleinement le droit d'appliquer à ses échantillons le nom qu'ils portent.

Avant de prendre congé de l'*Ascospora brunneola*, notons encore que lorsqu'on en broie les périthèces dans l'eau, il sort du pseudo-parenchyme des corpuscules en forme de gouttelettes, lesquels, examinés superficiellement, pourraient être pris pour des spores.

3. *Ascospora Pisi* Fuck., appelé par M^{lle} Libert dans ses *Exsiccata* (n° 12), et, à son exemple, par M. Fuckel dans ses *Fungi Rhenani* (n° 487), *Ascochyta Pisi*, a été ensuite rapporté, dans les *Symbolae* (p. 94) de ce dernier auteur, au genre *Ascospora*. Ajoutons qu'il a été désigné par Desmazières (*Cr. de France*, 1^e S., Ed. I, n° 1336; a° 1843) et par Kickx (*Cr. des Fl.*, I, p. 424; a° 1867) sous le nom de *Septoria Leguminum*, mais que chez Berkeley (*Outl.*, p. 320; a° 1860) et chez Cooke (*Brit. Fungi*, p. 455; a° 1871) il a conservé son titre primitif d'*Ascochyta*.

On trouve ce champignon sur les gousses des Pois, où il forme des taches brun clair, légèrement concaves, qui sont séparées des parties voisines par un bord obscur, et au-dessus desquelles les périthèces font saillie. En employant ce terme (*périthèces*), nous commettons à vrai dire une erreur, attendu que, sur une coupe verticale, on voit bien une capacité contenant les spores, mais aucun corps qui, par la possession d'une paroi propre, tranche nettement sur le parenchyme ambiant. Les filaments du mycélium s'étendent à travers les cellules du parenchyme, jusqu'à ce qu'ils aient atteint une cavité aérienne sous un stomate, et là

ils commencent à former les spores, par scission. A mesure que le nombre des spores augmente, les cellules les plus rapprochées de la cavité sont refoulées en dehors, pressées les unes contre les autres, et subissent en outre, sans doute sous l'influence des filaments mycéliens, une coloration en brun, ce qui produit alors comme l'apparence d'un périthèce. Les spores (proprement les conidies) se forment surtout au fond de la cavité; elles sont incolores, oblongues ou ovaies-oblongues, longues de $\frac{10-14}{1000}$ mill., larges de $\frac{4-6}{1000}$ mill., à contenu finement granuleux, et partagées en deux par une cloison horizontale. Elles ne sont séparées du monde extérieur que par l'épiderme, et c'est à travers une ouverture de celui-ci, formée à l'endroit où se trouvait précédemment un stomate, qu'elles sont expulsées, mêlées à du mucilage.

De tous ces détails, fournis par l'étude du n° 487 des *Fungi Rhenani*, il ressort que l'*Ascospora Pisi* appartient au genre *Gloeosporium* et doit dorénavant être appelé *Gloeosporium Pisi*. Les genres *Ascospora*, *Ascochyta* et *Septoria* ont tous un périthèce propre, d'où il suit que le champignon en question a été dénommé faussement, tant par M^{lle} Libert, que par Desmazières, Kickx, Berkeley, Cooke, et en dernier lieu de nouveau par Fuckel.

4. *Ascospora carpinea* Fr., appelé jadis par Fries (*Syst. Myc.*, II, p. 523) *Sphaeria carpinea*, mais transféré ensuite (*S. Veg. Sc.*, p. 425) aux *Ascospora*, a été placé plus récemment, par Auerswald (*Rabenh. Myc. Eur.*, V, p. 2; a° 1869) et par Cooke (*Brit. Fungi*, p. 916; a° 1871), dans le genre *Sphaerella*. Comme les *Sphaerella* produisent des asques ordinaires, non susceptibles d'être confondus avec d'autres organes et à nombre limité de spores (8), ce que fait voir aussi la figure d'Auerswald dans la *Mycol. Europaea* (Pl. II, fig. 16); comme la structure des *Ascospora* diffère entièrement de celle des *Sphaerella*, ce qui d'ailleurs pouvait déjà s'inférer du changement des vues de Fries; et comme les auteurs, qu'ils parlent d'*Ascospora carpinea* ou de *Sphaerella carpinea*, renvoient aux mêmes échantillons des herbiers de Des-

mazières, Rabenhorst, Westendorp et autres, — il est évident ou bien que des erreurs de détermination ont été commises, ou bien que des champignons différents ont été confondus les uns avec les autres.

Eu égard à la grande différence entre *Ascospora* et *Sphaerella* et au nom des auteurs, je suis convaincu que c'est la seconde de ces hypothèses, et non la première, qui est conforme à la vérité. Cette conviction est encore renforcée par la circonstance que j'ai moi-même trouvé, à la surface d'une même feuille de Charme (Fuckel, *Fungi Rhenani*, n° 466) et tout près l'un de l'autre, deux champignons, dont l'un était manifestement un *Sphaerella*, tandis que l'autre ressemblait plus à un *Ascospora*. On peut donc facilement se représenter que deux observateurs, dont l'un aura par hasard eu sous les yeux la première espèce de périthèces, l'autre la seconde, ont employé deux noms différents pour désigner les objets étudiés, et, qui plus est, ont cru avoir affaire au même champignon, et, par suite, ont déclaré synonymes les noms employés.

Pour M. Fuckel en particulier, il est clair que, comme moi, il a trouvé sur ses échantillons un *Sphaerella* et encore un autre champignon, puisqu'il parle d'asques 8-spores et d'asques polyspores. Les asques 8-spores appartenaient au premier de ces champignons, les polyspores (c'est-à-dire, remplis de granulations excessivement fines) au second. Il aurait donc dû, dans sa diagnose, laisser de côté les „asci 8-spori", et, selon la terminologie adoptée par lui pour le genre *Ascospora*, parler uniquement d'„asci polysporei". En outre, sur l'étiquette du n° 466 de ses exsiccata, il aurait pu signaler la présence simultanée de deux champignons différents.

5. *Ascospora Aegopodii* Fr. Cette espèce, mentionnée par Fuckel dans ses *Symbolae* (p. 94), est évidemment, à en juger d'après l'échantillon publié dans les *Fungi Rhenani* (n° 425), non pas le vrai *Ascospora Aegopodii* Fr., mais le *Septoria Aegopodii* Desm. On pourrait déjà le conclure des caractères attribués à ce champignon (ascis tenuibus, 8-sporis, sporidiis cylindraceis) dans le

premier des ouvrages que je viens de citer; mais l'étude des échantillons séchés ne laisse pas subsister à cet égard l'ombre d'un doute.

6. *Ascospora Asteroma* Fr. (*S. Veg. Sc.*, p. 425). Fuckel distingue ici (*Symb.*, p. 94): 1° un „fungus conidiophorus spermogoniumve” (= *Asteroma* s. *Combosira reticulata* Fr. *S. Veg. Sc.*, p. 425) et 2° un „fungus ascophorus” (= *Ascospora Asteroma* Fr.). — Cet accouplement m'avait toujours paru étrange, parce que Fries (*S. Veg. Sc.*, p. 424), dans une note au bas de la page, avait dit de son genre *Asteroma*: „Genus nonnisi mycelio a sequente (*Ascospora*) distinctum”. A raison de ce qu'on lit maintenant dans les *Symbolae*, on devrait admettre que l'*Ascospora Asteroma* (c'est-à-dire, le stade ascophore) était en possession de: „asci brevissime spittati, ovato-oblongi, 8-spori, 32 Mik. longi, 8 Mik. crassi” et de „sporidia farcta, subclavata, simplicia, hyalina, 8 Mik. longa, 4 Mik. crassa”, — particularité assez analogue à celle qui nous a été communiquée à propos de l'*Ascospora carpinea*, mais qui, tout comme celle-ci, fait naître la présomption que l'auteur a commis quelque erreur.

L'étude des nos 464 et 470 des *Fungi Rhenani*, dont le premier, sur les feuilles d'un *Convallaria*, nous montre un *Asteroma reticulatum*, le second, sur celles du *Convallaria multiflora*, un *Ascospora Asteroma*, ne m'a rien appris de plus que ce qu'on pouvait déjà conclure des paroles de Fries. Des asques 8-spores, je n'en ai pas vu. Il n'est pas invraisemblable que ceux qui ont été observés par Fuckel appartenaienent à un *Sphaerella*, quoique, d'un autre côté, cela ne rime pas avec la circonstance que les sporidia sont dites „farcta” et „simplicia”. Au fond, nous sommes donc ici en présence d'une énigme, qui a besoin d'un éclaircissement ultérieur.

Asteroma reticulatum Fr. et *Ascospora Asteroma* Fr. ont exactement la même structure, à cette seule différence près, que, chez le premier, les filaments mycéliens à parois noires, en s'étendant dans le tissu de la feuille, restent la plupart simples et isolés, tandis que chez le second ils forment, indistinctement

entre et dans les cellules du parenchyme, des taches arrondies ou plus ou moins allongées, dues à l'anastomose des filaments ou à la production locale de nouvelles cellules sur les côtés des anciennes. Au milieu de ces taches et de ces lignes, dont la couleur noire ou brun foncé perce à travers toutes les couches situées plus haut, se trouvent les périthèces, qui chez *Asteroma* sont un peu plus grands que chez *Ascospora*, et qui sont immergés dans le parenchyme de la feuille. Chaque périthèce a une paroi formée d'une seule rangée de cellules solides brun foncé, et à l'intérieur de cette paroi un noyau incolore, dont les éléments polygonaux sont étroitement serrés les uns contre les autres et constituent un parenchyme brillant. En ajoutant de l'eau, j'ai bien vu ce tissu se gonfler et son éclat s'accroître, mais jamais je n'ai vu les cellules laisser échapper leur contenu.

Entre ces périthèces et ceux d'*Ascospora brunneola* et *carpineae* l'analogie de structure était parfaite, de sorte qu'il n'y a pas de doute que les échantillons d'*Ascospora Asteroma*, déposés par Fuckel dans ses *Fungi Rhenani*, étaient, en tant qu'ils ne produisaient pas d'asques, déterminés exactement.

7. *Ascospora Solidaginis* Fr. (*S. Veg. Sc.*, p. 425). Chez ce champignon, M. Fuckel (*Symb.*, p. 74) distingue de nouveau, assez étrangement, deux états, à savoir, un „Fungus spermogonium” (= *Ascochyta Virgaureae* Lib. exs. n° 55), publié par lui-même dans ses *Fungi Rhenani* sous le titre d'*Ascospora Solidaginis* Fr.; et un „Fungus ascophorus” (= *Ascospora Solidaginis* Fr. *S. V. Sc.* p. 425), répandu dans ces mêmes *Fungi Rhenani* sous le nom d'*Ascochyta Virgaureae* Lib. Chacun de ces états est défini plus spécialement par une courte diagnose, de cette manière: I. „Fungus spermogonium. Spermatiiis longissimis, filiformibus vermicularibusve”. — II. Fungus ascophorus. Cirrhis tenuissimis, albidis, vermicularibus; ascis anguste linearibus, 80 Mik. long., 4 Mik. crass.; sporidiis monostichis, cylindraceutis, parum curvatis, utrinque obtusis, 8 Mik. long., ca 2—3 Mik. crass., hyalinis”.

Je n'ai pas besoin d'insister sur l'absence complète d'accord

entre ces descriptions et les caractères assignés par Fries au genre *Ascospora*, et il est difficile de ne pas se demander comment il est possible que M. Fuckel ait réuni sous un même chef les champignons trouvés par lui sur les feuilles du *Solidago Virgaurea*, et les *Ascospora cruenta*, *brunneola*, *Pisi*. Voici ce que m'a appris à cet égard l'étude des nos 468 et 485 de la collection de Fuckel.

Le champignon regardé par Fuckel comme „Fungus spermogonium” est effectivement, ainsi que le disent les *Symbolae*, l'*Ascochyta Virgaureae* Lib. ou plutôt le *Septoria Virgaureae* Desm.; mais celui qu'il qualifie de „Fungus ascophorus” est un organisme tout différent, dont la vraie nature lui a échappé.

Cet organisme présente les caractères d'un *Cladosporium*, mais d'un *Cladosporium* à deux espèces d'hyphes, un *Cladosporium heteronemum*, assez semblable au champignon croissant sur les feuilles du *Sagittaria sagittifolia*, qui, pris à tort pour un *Macrosporium*¹⁾, a été décrit par Desmazières et par Berkeley sous le nom de *Macrosporium heteronemum*.

Les plaques discolores et comme couvertes d'un fin duvet (hyphes poussés au dehors), qu'on trouve à la face inférieure des feuilles du *Solidago Virgaureae*, et qui ont été attribuées à un *Ascospora* par Fuckel, consistent en un amas serré de touffes de *Cladosporium*; les hyphes centraux de ces touffes restent toujours courts, sont colorés en brun clair à leur base, et produisent à leur sommet incolore, par voie d'étranglement, des

¹⁾ Par un examen réitéré, je me suis convaincu que les conidies multicellulaires, propres au genre *Macrosporium*, et observées par Desmazières et Berkeley sur les feuilles du *Sagittaria sagittifolia* en même temps que les hyphes du *Cladosporium* et tout près d'eux, ont été regardées à tort par ces mycologistes comme des productions de ce dernier champignon. J'ai donc cru, tout en conservant le nom spécifique, devoir changer le nom du genre. Les conidies multicellulaires de *Macrosporium* se rencontrent quelquefois, il est vrai, en compagnie des hyphes du *Cladosporium*, mais cela est loin d'arriver toujours, et, là où on l'observe, les conidies, ou bien sont isolées à côté des hyphes, ou bien sont en rapport avec des filaments qui n'ont évidemment rien de commun avec ces hyphes.

conidies ovoïdes, incolores, uni-ou biloculaires; les hyphes périphériques, au contraire, deviennent beaucoup plus longs, sont entièrement incolores, ne forment pas de conidies, et sont divisés par un assez grand nombre de cloisons horizontales (6, 8, 10) en autant de petites chambres, remplies de protoplasma à granulations fines. Ces hyphes périphériques ont été pris pour des asques par Fuckel, et leurs logettes pour des spores; ce qui le prouve, entre autres, c'est que les mesures de longueur et de largeur, données pour ces asques et ces spores, concordent avec la longueur et la largeur des hyphes périphériques et des cellules en lesquelles ils sont divisés.

On voit donc, en résumé, que Fuckel n'a pas connu l'*Ascospora Solidaginis* Fr., qu'il a donné à sa place deux autres champignons, et qu'il a présenté comme „fungus ascophorus” une forme qui aurait dû être qualifiée de „fungus conidiophorus”. Après cela, il peut paraître presque superflu d'ajouter que le champignon désigné par Fuckel n'a effectivement rien de commun avec les diagnoses du *Sphaeria* ou *Dothidea Solidaginis* (tous deux synonymes d'*Ascospora Solidaginis*) données par Fries (*Obs. Myc.*, II, p. 325, et *S. M.*, II, p. 562).

8. *Ascospora Mali* Fuck. (*Symb.*, p. 95). L'auteur distingue ici pour la troisième fois un „Fungus spermogonium” (= *Asteroma Mali* Desm. *Ann. Sc. Nat.*, 2^e S., XV, p. 141; et *Pl. Crypt. de Fr.*, 1^e S., 1^e Ed. n^o 1099, 2^e Ed. n^o 499) et un „Fungus ascophorus” (*Ascospora Mali* Fuck.), et renvoie pour le premier au n^o 1561 et pour le second au n^o 469 de ses *Fungi Rhenani*. La diagnose de son *Ascospora Mali* est ainsi conçue: „Peritheciis sparsis, minutissimis, conicis, perforatis, atris, epidermidem radiatim tumefacientibus, dein erumpentibus; ascis oblongis, stipitatis, curvatis, minutis, sporidia 6 ovata, simplicia, hyalina, minuta includentibus. Cirrhis candidis fasciculatis”.

L'examen auquel j'ai soumis les échantillons publiés par Fuckel m'a donné les résultats suivants.

Le N^o 1561 des *Fungi Rhenani* est réellement un *Asteroma*. Les hyphes articulés, de couleur foncée, que Fries a désignés

ailleurs sous le nom de filaments mycéliens, sont épars dans le parenchyme de la feuille et de là pénètrent dans les cellules de l'épiderme, à l'intérieur desquelles ils produisent un pseudo-parenchyme, qui, en tant qu'il forme des cordons parallèles à la paroi supérieure de ces cellules, se montre à l'œil nu sous l'aspect de stries noires, légèrement saillantes. Un certain nombre de ces stries, convergeant vers un même centre, forment alors une tache qui ressemble plus ou moins à une étoile. Ces taches ou étoiles constituent la base de l'*Asteroma*, qui toutefois, à l'état de développement suffisamment avancé, doit aussi donner naissance à des périthèces. Desmazières déclare n'avoir jamais vu ces périthèces, et Fuckel ne paraît pas avoir été plus heureux. C'est du moins ce que je crois pouvoir inférer: 1° de son silence au sujet de ces périthèces, et 2° du signe d'interrogation dont il fait suivre les mots „Fungus spermogonium” (*Symb.*, p. 95).

Quant à moi pourtant, j'ai réussi à trouver ces périthèces, au milieu des taches noires, dans l'échantillon de Fuckel. Ils satisfaisaient à toutes les conditions imposées par Fries au genre *Ascospora*, de sorte que je n'hésite pas à voir, dans le champignon regardé par Fuckel comme un état spermogonique de son *Ascospora Mali*, un vrai *Asteroma*, qui, pas plus que toute autre espèce de ce nom, ne doit être rattaché à une espèce d'*Ascospora*.

En ce qui concerne le n° 469 des *Fungi Rhenani*, la feuille qui s'y rapportait me montra bien de très petits périthèces épars, mais dont aucun n'avait la structure d'un *Ascospora*. Je ne les trouvai remplis que de spores excessivement petites, courtes, incolores, mêlées de mucilage, telles qu'on les rencontre chez les *Cytispora*, les *Libertella*, et, suivant la manière de voir de beaucoup d'auteurs, aussi chez les *Phyllosticta*; jamais je ne pus découvrir la moindre trace d'asques. Il ne me reste donc qu'à supposer que M. Fuckel a pris pour un *Ascospora* ou bien des cellules épidermiques remplies de filaments très distincts de *Cladosporium*, ou bien, ce qui est plus probable, l'un ou l'autre *Sphaerella* (tel que, par exemple, *Sph. sentina*, *inaequalis*, *chlorospora*, etc.).

9. *Ascospora Dentariae* Fuck. (*Symb.*, p. 95). Fuckel a nommé ainsi un champignon qui avait reçu de Westendorp (*Notices*, V, p. 22) le nom de *Zythia Dentariae*. Dans les *Fungi Rhenani* il a été publié (n° 642) sous le premier de ces noms, dans les *Fungi Europaei* de Rabenhorst (n° 452) sous le second. Comme les échantillons des *Fungi Europaei* provenaient de Westendorp lui-même, j'ai pu examiner quant à leur identité les objets publiés par les deux auteurs, et j'ai reconnu qu'il n'y avait rien à en rabattre.

Il n'est pas superflu de rappeler les caractères que Fries, auquel le genre *Zythia* doit son nom, lui avait attribués, et de voir sous quels rapports il diffère du genre *Ascospora*, afin d'arriver ainsi à trancher la question de savoir si Westendorp fit bien de donner à sa plante le nom de *Zythia*, ou si Fuckel eut raison de la rapporter au genre *Ascospora*.

On trouve les caractères de *Zythia* énumérés dans la *Summa Veg. Sc.*, p. 407. Le genre appartient, suivant Fries, à la section des *Pyrenomycetes genuini Perisporiacei* (Perithecio et nucleo discretis, ostiolo impresso punctiformi umbilicato, ascis vulgo brevibus, saepe rotundatis vel diffluentibus; *S. V. Sc.*, p. 380), et à la sous-section des *Myxotheciei* (Sporis gelatina primo globatis absque ascis; *ib.*, p. 407). Au genre *Zythia* lui-même est attribué un „Perithecium membranaceum, primo tectum dein liberum, tenax, ore umbilicato, nucleo gelatinoso cum sporis simplicibus globuli vel cirrhi instar erumpente”.

Le genre *Ascospora*, au contraire, fut rangé par Fries dans les *Pyrenomycetes coniomycetoidei Phyllosticti* (Perithecio incompleto [nullo vel matrice quasi formato, nec discreto] absque ostiolo discreto), nucleis matrici innatis, ascis vulgo in sporidia mutatis; *S. V. Sc.*, p. 380), et dans la sous-section des *Ascosporei* (Sporidiis cum gelatina cirrhose profluentibus; *ib.*, p. 424). *Ascospora* lui-même fut considéré comme possédant des „Perithecia globosa, subinnata ex macula (in typicis crustosa) prominula” et des „Sporidia rotundato-ovalia vel oblonga, obtusa, contigua, granulis farcta”.

Voici maintenant comment Westendorp s'exprime au sujet de son *Zythia Dentariae* (Not., V, p. 22): „Périthèces membraneux, d'abord immergés, puis superficiels par la destruction de l'épiderme, sphériques ou ovales, s'affaissant plus ou moins par l'âge ou la dessiccation. Ostiole papilliforme. Nucléus blanc, gélatineux, formé par des cellules sphériques (sporidies?) variables en grosseur, hyalines, entremêlées de sporules cylindriques, arrondies aux extrémités, transparentes, longues d'environ $\frac{1}{100}$ de mill. sur une largeur quatre fois moindre;” tandis que Fuckel caractérise son *Ascospora Dentariae* de cette manière: „Ascis (Sporidia West.) ovatis, utrinque obtusis, subglobosis, 18 Mik. long., 14 Mik. crass., multisporis; sporidiis cylindræis, subrectis, 8 Mik. long., 5 Mik. crass., hyalinis, simplicibus”.

Il résulte des diagnoses empruntées à Fries, que *Zythia et Ascospora* se ressemblent en ce qu'ils n'ont pas d'asques et que leurs spores sortent enveloppées dans du mucilage; ensuite, que la différence entre ces deux genres doit être cherchée en ceci: que *Zythia* a des périthèces propres, d'abord immergés dans le tissu végétal, mais qui ensuite, après la chute de l'épiderme, deviennent libres et montrent alors un ostiole déprimé, — tandis qu'*Ascospora* produit des périthèces qui ne deviennent pas libres et qui sont plongés dans une tache discolore (parfois crustacée), dont le tissu est regardé par Fries comme n'appartenant pas au champignon, mais à l'organe sur lequel celui-ci se développe. En outre, on n'observe pas d'ostiole à ces périthèces.

Si nous essayons maintenant, armés de ces connaissances, de déterminer au juste les échantillons distribués par Westendorp et par Fuckel, nous trouverons qu'ils ne peuvent appartenir à *Ascospora*, mais bien à *Zythia*, et que Fuckel a par conséquent eu tort de rejeter le nom choisi par Westendorp, et de le remplacer par un autre. Ne possédant pas d'exemplaires authentiques de *Zythia*, je fonde la conclusion, que la détermination générique de Westendorp avait été exacte, non-seulement sur ce que ses échantillons répondent à la diagnose de Fries, mais aussi 1° sur ce qu'ils s'accordent dans les points essentiels avec la figure de

Corda (*Icones Fungorum*, III, fig. 72), citée par Fries à propos du *Zythia Georginae*, et 2^o sur ce que le *Zythia Rhinanthi*, appartenant à la flore de Belgique (Kickx, *Cr. des Fl.*, I, p. 449), a pu être connu de Westendorp.

Tulasne n'est pas éloigné de croire (*Sel. Fung. Carp.*, II, p. 261 et 279) que les *Zythia* de Fries sont les pycnides d'espèces du genre *Pleospora*, opinion à laquelle on peut objecter que les spores, au moins du *Zythia Dentariae*, ressemblent beaucoup plus à des spermaties qu'à des stylospores, raison pour laquelle il conviendrait dans ce cas, en supposant que l'idée fondamentale de Tulasne soit exacte, de parler de spermogonies. Entre la coupe verticale d'un *Zythia Dentariae* mûr, et la partie externe ombrée de la fig. 4, Pl. IX, t. II de la *Sel. Fung. Carp.*, laquelle figure représente une petite tranche du stroma de *Dothidea Ribesia*, il n'y a en effet aucune différence, de sorte que les corpuscules extrêmement ténus, qui sont expulsés, englobés dans du mucilage, des périthèces de ce *Zythia*, méritent tout aussi bien le nom de spermaties que les bâtonnets marqués de la lettre *s* sur la figure citée.

De même que sur la figure de Tulasne, on pourrait croire que les corpuscules baculiformes du *Zythia Dentariae* proviennent par voie d'étranglement des cellules centrales du soi-disant périthèce; mais l'examen de coupes très minces montre qu'il n'en est rien. En premier lieu, cet examen nous apprend que les périthèces ne méritent pas ce nom, mais plutôt celui de stroma; jamais, si ce n'est après qu'une partie de leur contenu a été expulsée, on n'y découvre de cavité, et l'organe entier est formé de cellules polygonales serrées, qui, de même que dans le stroma du *Dothidea Ribesia*, décroissent en grandeur de la périphérie au centre, de brun foncé deviennent peu à peu incolores, et, au lieu d'air ou d'un liquide limpide, montrent un contenu devenant de plus en plus trouble, dans lequel se distinguent un petit nombre de corpuscules baculiformes très petits. Vers le centre du stroma, ces cellules sont extrêmement petites, et au centre même elles ne se laissent plus reconnaître. Si des coupes très

minces sont déposées dans l'alcool, et qu'ensuite, sans perdre la préparation de vue, on laisse l'eau se substituer à l'alcool, comme nous l'avons déjà fait dans des cas analogues, on voit se produire un fourmillement vers le milieu du petit disque, et finalement s'y former, par l'entraînement d'une grande quantité de bâtonnets, une ouverture centrale. Bien au-delà de la distance à laquelle s'étendait le tissu non reconnaissable, les cellules du stroma ont alors disparu, et les suivantes sont privées en grande partie de leurs parois internes, de sorte qu'il ne peut y avoir de doute que nous n'ayons affaire ici au même phénomène que chez l'*Ascospora cruenta*, c'est-à-dire, que les parois des cellules centrales du stroma se sont transformées en mucilage, et que, ce mucilage étant délayé dans l'eau, les corpuscules baculiformes du protoplasma [?], contenus dans ces cellules, ont été mis en liberté.

Non-seulement, on le voit, le *Zythia Dentariae* n'est pas un *Ascospora*, mais il ne peut pas même prétendre au titre de champignon autonome. C'est un simple stroma, capable peut-être de passer à un état d'organisation plus élevé, sous l'influence ultérieure de conditions encore inconnues.

10. *Ascospora Scolopendrii* Fuck. Cette espèce, décrite dans le second Supplément aux *Symbolae Mycologicae*, p. 19, n'a pas été distribuée jusqu'ici dans les *Fungi Rhenani*, ce qui m'a engagé à prier l'auteur de m'en communiquer un échantillon. Grâce à l'empressement avec lequel il a été satisfait à mon désir, je puis porter un jugement sur ce champignon, que, sans cela, j'aurais dû passer sous silence.

Voici la description que M. Fuckel a donnée de cet *Ascospora Scolopendrii*: „Peritheciis hypophyllis, in maculis discoloribus, indeterminatis gregariis, tuberculiformibus, epidermide tectis, pro ratione media magnitudine, fuscis, subdiaphanis, membranaceis, vertice applanatis, demum perforatis prominulisque, cirrhis candidis expulsis; ascis obovato-clavatis, substipitatis, polysporis, extus reticulato-spinulosis, 48 Mik. long., 24 Mik. crass.; sporidiis cylindraceis, minutissimis, non mensurabilibus, hyalinis. — An der untern Wedelfläche von *Scolopendrium offic.*, im welchen

Zustande selten, im Nachsommer. In der Cluss im Ct. Graubünden. — Ein höchst eigenthümlicher Pyrenomycet, den ich nur in dieser Gattung unterbringen kann. Besonders merkwürdig sind die Schläuche durch ihre netzartige und stachliche Oberfläche. Ausser dem erwähnten Schlauchinhalt (Sporen) welchen ich aus dem stiel förmigen Theile der Schläuche austreten sah, konnte ich keine andere Sporen entdecken. Die ausgestossenen weissen Ranken enthalten die reifen Schläuche”.

Un examen attentif du champignon ainsi défini m’a appris: d’abord que les périthèces ne sont pas toujours liés à des taches discolores, mais souvent aussi se trouvent à côté de pareilles taches, et en second lieu, ce qui est plus important, que l’opinion de Fuckel, suivant laquelle les organes pris par lui pour des „asci” seraient expulsés, enveloppés dans du mucilage, sous forme de cirres, est tout à fait inexacte. Sur des coupes verticales des périthèces, — lesquels périthèces ont une paroi extrêmement mince, délicate, colorée en brun très clair, — je remarquai un hyménium basilaire bien distinct, sur lequel faisaient saillie des stérigmates, chargés de produire une cellule terminale. Cà et là je vis ces cellules terminales encore unies à leurs supports, mais jamais plus d’une à l’extrémité de chaque filament, de sorte qu’il y avait des raisons sérieuses de douter que le processus de l’étranglement se répêât plus d’une fois. Par l’addition d’eau, aucune trace de mucilage ne devint apparente, et les cellules détachées ne subirent pas le moindre déplacement, de sorte que ce que Fuckel avait pris pour des cirres n’avait été que des amas de pareilles cellules libres.

Il résulte de ce qui précède, que les „asci” de Fuckel doivent porter le nom de stylospores, conclusion qui soulève d’autant moins de difficultés, que 1° on ne trouve dans ces organes aucune trace de spores encore plus petites, et que 2° on ne rencontre nulle part chez les Ascomycètes des asques à surface chargée de rugosités spinuleuses, tandis que cela est fréquemment le cas pour les stylospores des Champignons hypodermés. Les corpuscules d’une petitesse défiant toute mesure, que Fuckel a vus s’écouler

de ses asques, ne peuvent avoir été, en supposant qu'il n'y ait pas eu confusion d'un champignon avec un autre, que les granulations excessivement ténues du protoplasma.

Lorsque je publiai dans la *Bot. Zeitung*, 1875, n° 36, ma Note intitulée: „*Drei unrichtig bestimmte Pilze*”, où je faisais connaître les résultats des observations que je viens de communiquer, je crus devoir rapporter l'*Ascospora Scolopendrii* Fuck. aux „*Fungi hypodermii*”, et plus spécialement, à cause de la présence d'un périidium, à l'un des deux genres *Aecidium* ou *Endophyllum*. Je ne me hasardai pas à faire un choix, parce que je n'avais pas observé la germination des stylospores en question, phénomène auquel devait pourtant être attribuée, dans le présent cas, une importance décisive.

Après les recherches publiées par M. Magnus dans la *Bot. Zeitung*, n° 30 (p. 511), sur le genre *Melampsora*, y compris les *Uredo* correspondants, et après la Note plus courte du même auteur sur l'*Ascospora pulverulenta*, dans la *Bot. Zeitung*, n° 42 (p. 685), on pourrait admettre, toutefois, que l'*Ascospora Scolopendrii* est la forme *Uredo* d'un *Melampsora* encore inconnu, et il faudrait alors le désigner provisoirement par le nom d'*Uredo Scolopendrii* (= *U Filicum?*). Quoi qu'il en soit de cette présomption, il demeure établi que le champignon en question a été mal déterminé par M. Fuckel, et qu'il doit prendre dans la classification une place différente de celle qui lui a été assignée par les *Symbolae Mycologicae*.

Comme le travail de M. Magnus a été publié avant le mien dans la *Bot. Zeitung*, j'aurais à m'excuser de n'en avoir pas pris connaissance en temps utile, si réellement cela m'avait été possible. Mais on voudra bien considérer que mon Mémoire, tout en n'ayant été inséré que le 3 Septembre, avait été envoyé à la Rédaction du Journal dès le mois de Juin, c'est-à-dire, au moins un mois avant la date (23 juillet) où parut le Mémoire de M. Magnus.

C'est ici le lieu de nous arrêter un instant à l'*Ascospora pulverulenta* Riess, dont la diagnose se trouve dans la *Bot. Zeitung*, 1853, p. 237, et dont des échantillons desséchés ont été distribués dans l'*Herb. Mycologicum* de Klotzsch, 1^e Ed., N^o. 1754, dans les *Fungi Europaei* de Rabenhorst, N^o. 786, et dans les *Fungi Austriaci* de De Thümen, N^o. 657.

Ce champignon croît sur les feuilles du *Prunus Padus*, à la face inférieure desquelles il donne comme un aspect enfariné. Riess l'a décrit de cette manière: Perithecia hypophylla, maculae purpureae, angulatae irregulari insidentia, gregaria, ochracea, vix $\frac{1}{2}$ ''' lata, innato-prominula, ore subrotundo aperta. Sporae acrogenae, albae, subpellucidae, ovatae, verrucosae, $\frac{1}{10}$ ''' longae, in cirrhos breves propulsae, quibus mox dilapsis folia quasi farina conspersa esse videntur".

Tout ce que nous avons dit de l'*Ascospora Scolopendrii* s'applique aussi à la présente espèce. Sur une coupe verticale des périthèces globuleux-déprimés, incolores et à paroi extrêmement minces, on découvre de nouveau un hyménium basilaire, au-dessus duquel s'élèvent de courts stérigmates, qui, lorsqu'ils ne se sont pas encore débarrassés de leur charge, supportent une seule spore, jamais davantage. En aucun cas, l'eau ne détermine un gonflement appréciable du contenu de ces périthèces, de sorte qu'ici également on peut conclure, sans la moindre réserve, à l'absence du mucilage. Aussi l'*Ascospora pulverulenta* ne forme-t-il rien qui ressemble à des cirres; ce que M. Riess a pris pour tels ne peut avoir été que les ostioles saillants et jaunâtres des périthèces presque mûrs. Par la distension de ces derniers, il finit par se produire dans l'épiderme qui les recouvre et dans leur propre paroi une petite ouverture, à travers laquelle s'échappent les cellules qui se sont désarticulées à l'intérieur.

Quant à ces cellules, dont la surface est aussi pourvue de petites aspérités, ce ne sont, pas plus que celles de l'*Ascospora Scolopendrii*, des asques, mais bien des stylospores. Elles ne sont pas blanches et ovoïdes (Riess), mais incolores et obovoïdes, attendu que, lorsque leurs deux pôles ne sont pas également

larges, c'est par le plus étroit qu'elles adhèrent au stérigmate.

Dans ma Note ci-dessus citée (*Bot. Zeit.*, 1875, N^o. 36), j'avais communiqué les observations dont je viens de rendre compte, en même temps que celles relatives à l'*Ascospora Scolopendrii*, et j'étais arrivé à la même conclusion que pour celui-ci, à savoir, que le champignon vivant sur les feuilles du *Prunus Padus* devrait dorénavant être regardé soit comme un *Aecidium*, soit comme un *Endophyllum*. Suivant Magnus, toutefois, il est plus probable qu'il constitue la forme *Uredo* du *Melampsora areolata*, appelé maintenant *Thekospora areolata* par cet auteur. En tout cas, il est incontestable que l'*Ascospora pulverulenta* a, lui aussi, reçu mal à propos ce nom générique, et qu'il fait partie des Urédinées.

Dans les *Fungi Europaei* de Rabenhorst, sous le n^o 1939, il a été publié par G. von Niessl, en 1875, un *Ascospora microscopica* n. sp., dont l'étiquette porte ce qui suit: „Epiphylla. Perithecia disseminata, hinc inde gregaria, minutissima, subglobosa, atra, nitida, ascis oblique ovoideis vel oblongis stipite brevi 20 mk. lgs., 8—10 lts., sporidiis subcylindraceis, utrinque obtusis, 4-guttulatis, hyalinis, 12—14 lgs., 2—3 lts. In foliis semiputridis Rubi fruticosi pr. Voitsberg Stiriae, Augusto.”

Ma présomption, qu'ici encore il y avait eu erreur, fut complètement justifiée. Je rencontrai en effet, sur les feuilles examinées, deux sortes de périthèces: les uns avec de vrais asques, contenant 8 spores incolores, biseptées, à moitiés inégales — asques et spores très analogues à ceux du genre *Sphaerella*; les autres remplis de stylospores. En outre, je trouvai des asques vides, tout à fait semblables aux asques pleins, mais plus petits, et provenant d'individus soit plus jeunes, soit plus vieux.

En comparant la description succincte de von Niessl avec ce que j'avais observé, il devint manifeste que les asques bien pleins avaient dû lui échapper, et que les asques vides ou à contenu non mûr ou non reconnaissable avaient été rattachés par lui aux stylospores flottant en liberté, de l'espèce que j'avais rencontrée

dans des périthèces particuliers. La description de ses ascospores s'adaptait en effet parfaitement à mes stylospores, et celle de ses asques était aussi en accord suffisant avec les asques vides observés par moi.

Pour corroborer mon opinion, je ferai encore remarquer 1° que von Niessl s'est abstenu de mentionner dans sa diagnose combien de spores il avait trouvées dans les asques — détail qui, surtout dans la description d'une espèce nouvelle d'*Ascospora*, n'aurait pas dû être omis, et qui certainement ne l'eût pas été si l'auteur avait réellement observé ces organes à l'intérieur des asques; 2° que dans ses *Beiträge zur Kenntniss der Pilze* (a° 1872), à l'article du *Leptosphaeria fusispora* (p. 27), M. von Niessl a décrit des pycnides avec stylospores, dont les dernières, à en juger aussi d'après la figure qu'il en a donnée, Pl. IV, fig. 26 c., ressemblaient parfaitement (à part une légère différence dans les dimensions) aux spores ci-dessus caractérisées de son *Ascospora microscopica* ¹⁾.

Suivant la manière de voir de von Niessl, exposée dans la description de son *Leptosphaeria fusispora*, les feuilles de *Rubus*, communiquées par lui, supporteraient donc: 1° un *Sphaerella*, et 2° des pycnides remplies de stylospores et appartenant probablement à ce champignon. Mais, von Niessl se représentant les asques vides ou non mûrs comme remplis du contenu des pycnides, il en résulta pour lui l'image d'un *Ascospora* — image, toutefois, qui, même en la supposant empruntée à la réalité, n'aurait jamais dû, comme nous espérons le montrer bientôt, conduire à cette détermination.

¹⁾ Les caractères attribués à ces stylospores sont ainsi formulés (p. 27): „Stylosporid? cylindraceis, rectis, obtusis, guttulatis, hyalinis,” à quoi il est encore ajouté, à la page suivante (p. 28): „Die Stylosporen enthalten meist 4 grosse und mehrere kleine Tröpfchen.” Je n'ai sans doute pas besoin de faire remarquer que cette description concorde, mot pour mot, avec celle qui se trouve sur l'étiquette du no. 1939 des *Fungi Europaei*.

L'auteur qui se présente maintenant est M. Cooke, dont le *Handbook of British Fungi* parut en 1871. Dans cet ouvrage l'on trouve bien cités nominativement trois *Ascospora*, mais seulement comme synonymes d'espèces de *Sphaerella*: *Ascospora carpinea* Fr. de *Sph. carpinea*; *Ascospora Ostruthii* de *Sph. Ostruthii*; *Ascospora brunneola* de *Sph. brunneola*.

Après tout ce que nous avons déjà dit, on ne s'attendra pas à nous voir approuver l'opinion de M. Cooke. Les *Sphaerella* ont des asques de forme ordinaire, qui jamais ne peuvent être confondus avec quelque autre chose, et qui, à l'état mûr, contiennent un nombre déterminé (8) de spores bien conformées. Les *Ascospora*, au contraire, ne montrent que des cellules à contenu finement granuleux, qui ne ressemblent ni aux asques ni aux spores des *Sphaerella*. On ne comprendrait pas pourquoi, si les *Ascospora* avaient possédé de vrais asques, Fries, dans sa *Summa Veg. Scand.*, les aurait retirés du domaine des *Sphaeria*, qui comprend aussi les *Sphaerella* des modernes, et auquel il les avait rapportés antérieurement, dans son *Syst. Myc.*, II. Quant à la note de Cooke, relative aux *Sphaerella Ostruthii* et *brunneola*: „The fruit of those species seem to be unknown,” au lieu de jeter quelque jour sur la question, elle laisse précisément sans satisfaction notre désir principal, celui de connaître les raisons pour lesquelles le déplacement de ces champignons a paru opportun à l'auteur.

A propos du *Sphaerella carpinea*, il est bien parlé d'asques sporifères, mais sans un mot d'éclaircissement, qui puisse faire juger de quel droit l'auteur emploie ce nom comme synonyme d'*Ascospora carpinea*. Et pourtant cet éclaircissement eût été des plus nécessaires, pour écarter le soupçon qu'il y a eu ici de nouvelle confusion d'un champignon avec un autre.

Dans la „*Systematische Aufzählung der im Erzherzogthume Oesterreich ob der Ems bisher beobachteten Kryptogamen*” de J. S. Poetsch et K. B. Schiedermayer, parue à Vienne en 1872, on trouve mentionnés (p. 142) les *Ascospora cruenta*, *Asc.*

Aegopodii et *Asc. Solidaginis*, et dans le „*Verzeichniss der bisher in Bayern aufgefundenen Pilze*” de Ohmühler, inséré dans le *Vierter Bericht des Botanischen Vereins in Landshut* (a^o. 1874), les *Ascospora Asteroma*, *Asc. carpinea*, *Asc. Mali* et *Asc. Solidaginis* — mais sans aucun détail descriptif. J'ai déjà donné plus haut les éclaircissements nécessaires sur la vraie nature de ces espèces, de sorte qu'il est inutile d'y revenir. Quant à savoir si l'*Ascospora Solidaginis* de ces deux auteurs concordait mieux avec le champignon ainsi nommé par Fries que les échantillons des *Fungi Rhenani* de Fuckel, c'est un point qui ne pourrait être élucidé que par l'étude des spécimens recueillis par eux-mêmes.

Le dernier auteur que j'aie eu l'occasion de consulter est M. P. A. Karsten, qui a publié en 1873 le tome second de sa *Mycologia Fennica*. Dans cet ouvrage, pas plus que dans celui de M. Cooke, ne figure le genre *Ascospora*, mais les *Asc. Solidaginis*, *brunneola* et *Asteroma* y sont décrits comme autant d'espèces de *Sphaerella*. Que M. Karsten ait été mieux fondé à en agir ainsi qu'un de ses prédécesseurs, au moins quant aux deux dernières espèces, c'est ce qu'on peut concéder, puisqu'il avait trouvé les périthèces d'un *Sphaerella* sur les mêmes taches discolores où d'ordinaire on rencontre les périthèces d'un *Ascospora*. En ce qui concerne l'*Asc. Solidaginis*, toutefois, il montra moins de prudence, car, après avoir observé seulement les périthèces du *Septoria Virgaureae*, il s'en rapporta à la communication de Fuckel, dont il transcrivit les propres termes, relatifs au *Cladosporium heteronemum*, comme s'ils avaient été applicables à un vrai *Sphaerella*.

L'étude que nous venons de faire nous permet de dresser le tableau suivant, où est indiquée, selon l'ordre des temps, la place que les différents auteurs ont assignée au genre *Ascospora* dans le Système mycologique, et où l'on voit, en outre, à quelles sources nous avons puisé.

ASCOSPORA

*a été successivement identifié ou confondu, par les auteurs
ci-dessous nommés, avec les genres suivants.*

Noms des auteurs.	Titres de leurs ouvrages.	Année de la publication.	Noms sous lesquels les Ascospora ont été désignés.
E. Fries.....	Syst. Mycol. II, p. 523—526.	1823	Sphaeria.
E. Fries.....	Plantae homone-mae, p. 112.	1825	Ascospora.
F. F. Chevalier.....	Flore générale des environs de Paris, I, pag. 462.	1826	Sphaeria.
K. Sprengel.....	Syst. Vegetabil., IV, p. 405.	1827	Sphaeria.
J. E. Duby.....	Botanicon Gallicum, II, p. 710—711.	1830	Sphaeria.
J. B. H. J. Desmazières.	Cryptogames de France, 1 ^e S., 1 ^e Ed., N ^o . 616.	1833	Septoria.
M. J. Berkeley.....	The English Flora, V, p. 279.	1836	Sphaeria.
S. Endlicher.....	Genera Plantarum p. 32.	1836	Ascospora.
A. C. J. Corda.....	Anleit. zum Stud. der Mycol., p. 126.	1842	Ascospora.
A. C. J. Corda.....	Icones Fungorum, V, p. 30.	1842	Ascospora.
L. Rabenhorst.....	KryptogamenFlora, p. 580.	1844	Sphaeria.
E. Fries.....	Summa Vegetab. Scandin., II, p. 425.	1846	Ascospora.
C. Montagne.....	Ann. des Sc. nat. 3 ^e S., XI, p. 46—47.	1849	Septoria.
H. F. Bonorden.....	Handb. der allg. Mycologie, p. 63.	1851	Dothidea.
C. Montagne.....	Sylloge Gener. et Specier. Cryptogam. p. 274—276.	1856	Septoria.
R. Caspary.....	Rabenhorst, Herb. Myc. Klotzsch. Ed. II, N ^o . 551.	1857	Septoria.

Noms des auteurs.	Titres de leurs ouvrages.	Année de la publication.	Noms sous lesquels les Ascospora ont été désignés.
M. J. Berkeley.....	Outlines of Brit. Fungology, p. 401.	1860	Sphaeria.
L. R. et C. Tulasne.	Selecta Fung. Carpol., II, p. 286.	1863	Stigmatea (pycnidia vel spermogonia).
H. F. Bonorden.....	Abhandl. aus dem Geb. der Myc., p. p. 149.	1864	Sphaeria (Cryptospora ditopa b. minor?).
J. J. Kickx.....	Flore Crypt. des Flandres I, p. 427 358, 359.	1867	Septoria (Ascospora Aegopodii), Sphaeria (Asc. carpinea), Sphaeria [Spermogonium] (Ascospora Ostruthii).
L. Fuckel.....	Symbolae mycol. p. 94 et 2 ^{er} Nachtrag. p. 19.	1869 1873	Ascospora (Ascospora cruenta et brunneola); Sphaerella (Asc. carpinea); Septoria (Asc. Aegopodii); Gloeosporium (Asc. Pisi); Asteroma et Sphaerella (Asc. Asteroma); Septoria et Cladosporium (Asc. Solidaginis); Asteroma et Sphaerella (Asc. Mali); Zythia (Asc. Dentariae); Melampsorae cuj. status stylospor. (Asc. Scolopendrii).
M. C. Cooke.....	Handbook of Brit. Fungi, p. 915 et 921.	1871	Sphaerella.
J. S. Poetsch et K. B. Schiedermayer.....	Syst. Aufz. der im Erz. Oesterr. o. d. E. beob. Krypt. p. 142.	1872	Ascospora (Asc. cruenta); Septoria (Asc. Aegopodii).
F. de Thümen.....	Fungi Austriaci, N ^o . 148, 149, 150, 242, 657, 870.	1871— 1874	Ascospora (Asc. cruenta et brunneola); Septoria (Asc. Aegopodii); Asteroma Mali et Sphaerella inaequalis (Asc. Mali); Melampsorae areolatae status stylospor. (Asc. pulverulenta) ¹⁾ .

¹⁾ Je n'ai pu examiner le No. 150 (*Asc. Solidaginis*), attendu que je ne possède la collection de de Thümen qu'à partir de la 7^e livraison. Ceux des numéros des 6 premières livraisons que j'ai été à même d'étudier, m'avaient été donnés par l'auteur.

Noms des auteurs.	Titres de leurs ouvrages.	Année de la publication.	Noms sous lesquels les <i>Ascospora</i> ont été désignés.
Ohmüller.....	Verz. der Pilze in Bayern, p. 35.	1874	En l'absence de descriptions et d'échantillons, il n'y a rien à dire des champignons mentionnés par Ohmüller.
P. A. Karsten.....	Mycologia Fennica, II, p. 180, 181.	1873	Sphaerella.
G. von Niessl.....	Rabenhorst Fungi Eur. N ^o . 1939.	1875	Sphaerella cum ejus statu stylosporifero (<i>Asc. microscopica</i>).

De ce tableau, et en ayant égard à tout ce qui précède, on peut encore déduire le suivant, où sont indiqués les auteurs qui ont attribué des asques au genre *Ascospora*, et ceux qui ne lui en sont pas attribué.

Des asques ont été attribués à <i>Ascospora</i> par :	Des asques n'ont pas été attribués à <i>Ascospora</i> par :
Fries, A ^o . 1823, 1825.	Desmazières.
Sprengel.	Corda.
Chevalier.	Fries, A ^o . 1846.
Duby.	Montagne.
Endlicher.	Caspary.
Bonorden.	Tulasne.
Rabenhorst.	Kickx (pour <i>A. Aegopodii</i> et <i>Ostruthii</i> .)
Berkeley.	
Kickx (pour <i>A. carpinea</i>).	
Fuekel.	
Cooke.	
Poetsch.	
De Thümen.	
Karsten.	
Von Niessl.	

Le moment est maintenant venu d'exposer mes propres idées concernant la nature du genre *Ascospora*, et d'y chercher l'explication de l'irrésolution de mes devanciers et de la divergence d'opinion qui se manifeste dans leurs écrits à ce sujet.

La voie la plus sûre, pour arriver à résoudre le problème, me parut être de demander à M. le professeur Fries lui-même quelques espèces d'*Ascospora*, et en première ligne une feuille d'*Aegopodium Podagraria*, avec le champignon parasite (*Ascospora Aegopodii* Fr.) qu'il souhaitait voir admis comme type du genre. Malheureusement, le Nestor des mycologues se trouva dans l'impossibilité de satisfaire à mon désir. Il m'apprit, toutefois, que la figure de Kunze (*Mycol. Hefte*, II, pl. I, fig. 1 et 1a) donnait encore toujours une idée exacte de ce qu'il voulait voir compris sous le nom d'*Ascospora Aegopodii*.

Dans ces conditions, il ne me restait qu'à essayer d'atteindre mon but par un détour, et pour cela j'eus recours en premier lieu à la 118^e figure de la 4^e partie des *Icones Fungorum* de Corda, figure qui, suivant Fries (*Summa Veg. Scand.*, p. 425), est une représentation fidèle de son *Ascospora Ostruthii*. Dans le texte de ses *Icones* (p. 41), Corda appela ce champignon *Sphaeria Ostruthii*, nom sous lequel Fries l'avait désigné antérieurement (*Obs. Myc.*, I, p. 174, et *Syst. Myc.*, II, p. 526¹), et il en donna la description suivante, qui a pour nous d'autant plus d'importance, que l'auteur nous apprend qu'elle a été faite, de même que la figure, d'après des échantillons publiés par Fries lui-même, dans ses *Scleromycetes Sueciae*. Voici les termes de cette description: „Wir haben hier Exemplare der Scleromycetes Sueciae abgebildet, welche unseren vollkommen gleichen, und eben so wenig eine Fruchtbildung zeigen. Mehrere Maschen des Adernetzes des Blattes sind bräunlich geworden und frisch grau bereift, und einzelne Stellen dieser Verfärbung sind fast schwarz. In diesen Flecken sitzen die Peritheciën gesellig, auf den dunkleren Stellen

¹) Voici la diagnose qui, à cet endroit, est attribuée au champignon: „Hypophylla, aggregata, peritheciis globosis, minimis, astomis, atris, e crustula determinata grisea emergentibus.

gedrängter als auf den lichterem. Sie sind rund, gewölbt, braunschwarz, und später in der Mitte durchbohrt. Im Durchschnitte bilden sie längliche, rundliche oder eckigte, braune, die Oberhaut des Blattes überragende Perithezien, deren wenige eine wahre Höhle haben, die meisten aber völlig dicht sind. Ich habe keine Früchte an allen von mir untersuchten Stücken finden können, obgleich die vorhandene Höhle einiger Perithezien darauf hinweist. Die Perithecie selbs besteht aus einer zelligen Haut, wo zwischen den beiden hellen strukturlosen und durchsichtigen Oberhautlagen kleine, starkwandige braune und sehr regelmässige sechsseitige Zellen eingeschlossen liegen, welche oft kleine Körnchengruppen enthalten."

L'*Ascospora Ostruthii*, dont il est ici question, a été trouvé, il est vrai, tant par Fries que par Corda, sur l'*Imperatoria Ostruthium*, plante étrangère à notre flore; mais, au dire de juges autorisés, tels que Berkeley, Cooke, Kickx et autres, il croît également sur les feuilles d'une autre Ombellifère, très voisine de la première et fort répandue chez nous, l'*Angelica sylvestris*. Moi-même j'ai plus d'une fois rencontré le champignon sur cette plante, et l'examen que j'en ai fait m'a appris que la courte diagnose de Fries, aussi bien que la description plus détaillée de Corda, s'appliquaient parfaitement à mes échantillons.

Pas plus que d'autres explorateurs dans leurs pays respectifs, je n'ai jamais trouvé en Néerlande le champignon à l'état mûr, c'est-à-dire, rempli de spores. Constamment chaque périthèce était composé d'un pseudo-parenchyme de cellules polygonales, lesquelles cellules étaient d'autant plus grandes, plus solides et plus brunes qu'elles étaient plus extérieures, et au contraire d'autant plus petites, plus délicates et moins colorées qu'elles se rapprochaient davantage du centre, sans qu'il fût possible, toutefois, de découvrir entre les deux couches une démarcation tranchée. Un contenu de matière finement granuleuse ne se trouvait que dans les cellules situées plus ou moins à l'intérieur, non dans les cellules les plus externes. Il me parut digne de remarque que les cellules incolores, tant qu'elles n'étaient en contact qu'avec de l'alcool, con-

tinuaient à montrer la structure parenchymateuse ordinaire, mais que, après l'addition d'eau ou de glycérine, elles commençaient à se gonfler, et subissaient des changements analogues à ceux qu'on observe habituellement dans les tissus dont les parois cellulaires sont transformées, totalement ou partiellement, en bassorine. Si alors, par suite de l'une ou de l'autre influence, telle, par exemple, qu'une pression trop forte concourant avec l'addition d'une grande quantité d'eau, quelques-unes des cellules les plus intérieures étaient entraînées par le liquide, je découvrais, tout comme Corda, une cavité centrale, mais je ne me crus pas autorisé à en conclure, comme lui, que le périthèce en question avait produit de vraies spores, qu'il avait perdues ensuite. Jamais, en effet, dans aucune des nombreuses coupes que j'ai examinées, il n'y avait trace de formation de spores. Nulle part je ne trouvai la moindre apparence d'une disposition d'éléments constitutifs en séries radiales convergeant vers le centre; nulle part des stérigmates, ni des basides; nulle part un hyménium; nulle part une cavité, si petite fût-elle, qui existât dès l'origine; mais toujours une masse continue de cellules polyédriques, qui ressemblait le plus à ce qu'on voit ordinairement dans les sclérotés.

Dans mes échantillons, de même que dans ceux de Corda, des périthèces épars alternaient quelquefois avec d'autres qui, plus rapprochés, semblaient immergés dans un stroma commun. Sur des coupes menées suivant différentes directions, on voyait alors que les filaments mycéliens bruns, multicellulaires, qui traversaient en divers sens le parenchymé foliaire, avaient donné naissance — dans le premier cas en des points très isolés, et dans le second en des points très rapprochés l'un de l'autre — à des périthèces, et que ceux-ci, dans le second cas, étaient devenus confluent sur une grande partie de leur étendue.

Une véritable ouverture ne put jamais être observée sur des périthèces non endommagés. Quelquefois, il est vrai, elle paraissait exister, mais un examen plus attentif montrait alors qu'il s'agissait simplement du sommet du périthèce, laissant percer par transparence le noyau incolore.

Puisque l'analyse microscopique faite par Corda sur les échantillons d'*Ascospora Ostruthii* répandus par Fries lui-même — analyse corroborée par les recherches de beaucoup d'autres mycologues — et non moins l'assentiment donné par Fries à la manière de voir de Corda mettent hors de doute que le savant suédois avait aussi rapporté au genre *Ascospora* des organismes qui ne produisaient pas de spores et qui, dans les circonstances ordinaires, se présentaient sous la forme de très petits corps globuleux ressemblant à des périthèces, mais entièrement formés d'un tissu pseudo-parenchymateux — il n'existe aucune raison de refuser le même nom à d'autres productions analogues, qui vivent en parasites sur les feuilles d'autres plantes. Or, s'il en est ainsi, rien ne peut nous empêcher de regarder les petits corps globuleux, semblables à l'*Ascospora Ostruthii*, qui se développent sur les feuilles de l'*Aegopodium Podagraria*, comme l'*Ascospora Aegopodii*, dont Fries avait le premier fait mention, mais qui depuis lors n'avait été retrouvé par personne.

Une objection qui pourrait être faite à cette manière de voir, c'est que Kunze a attribué des asques à l'*Ascospora Aegopodii*, tandis que les organismes dont nous parlons n'en contiennent aucune trace. A cela nous répondrons: 1^o. que les „asci" de Kunze, au témoignage de sa figure, ne méritent pas ce nom, mais doivent être considérés, ainsi que Fries lui-même l'a donné à entendre plus tard, comme des spores ou des cellules; et 2^o qu'il est à peu près certain, puisque après Kunze personne ne paraît avoir jamais retrouvé l'*Ascospora Aegopodii*, que dans les *Mycologische Hefte* quelques cellules du noyau non mûr des périthèces ont été figurées à l'état isolé, bien que n'ayant été observées qu'unies les unes aux autres. Nous devons reconnaître, en effet, que les parties constituantes de ces noyaux, après avoir macéré quelque temps dans l'eau, prennent parfois toute l'apparence d'éléments libres, quoique, en réalité, on ne réussisse pas à les séparer les unes des autres. A mon avis, Fries avait accordé trop de confiance à la figure de Kunze, laquelle faisait partie d'une série de figures accompagnant un écrit intitulé: „*Ueberblick*

der Anordnung der Kugelpilze," et composé seulement d'une suite de noms, sans descriptions ni diagnoses spécifiques. Cette figure, en tout cas, n'avait pas assez d'autorité pour faire choisir le champignon de la feuille d'*Aegopodium* comme type du nouveau genre *Ascospora*, et d'autres espèces, chez qui, comme nous l'avons vu, les cellules centrales se débarrassent de leur contenu protoplasmique sous la forme d'un corpuscule sphérique ou ovoïde, devaient faire naître la présomption que c'est aussi sous cette forme que Kunze avait vu le contenu chez l'*Ascospora Aegopodii*.

Ce qui contribua sans doute aussi, indépendamment du fait qu'on ne retrouvait pas les „asci" de Kunze, à rendre vaine toute recherche de l'*Ascospora Aegopodii*, c'est que, à l'inverse de ce qui se voit chez l'*Ascospora Ostruthii*, dont les soi-disant périthèces restent en majeure partie séparés, de sorte qu'il est rare d'en trouver deux ou un plus grand nombre confondus en un grain plus gros, ces gros grains composés sont, sur les feuilles de l'*Aegopodium Podagraria*, ordinairement beaucoup plus communs que les grains simples. Cette circonstance, en effet, devait éveiller l'idée du genre *Dothidea*, et il n'est donc pas étonnant que Fries et Cooke parlent d'un *Dothidea Podagrariae* et Fuckel d'un *Phyllachora Aegopodii* — toujours, il est vrai, en ajoutant qu'il n'a pas été trouvé d'asques ni de spores dans le tissu du champignon, mais bien des „périthèces" simples entre les groupes confluent.

Sous le rapport anatomique, il n'y a entre les périthèces, tant libres que confluent, du champignon croissant sur les feuilles de l'*Angelica* et ceux du champignon qui vit sur les feuilles de l'*Aegopodium*, aucune différence, bien que les seconds dépassent un peu les premiers en grandeur moyenne.

Si l'on regarde donc comme établi que le vrai *Ascospora Aegopodii* a été retrouvé par nous, on devra reconnaître, en même temps, qu'il ne remplit, pas plus que l'*Ascospora Ostruthii*, la condition énoncée dans la diagnose du genre, celle de produire des spores — à moins qu'on ne prenne abusivement pour telles les cellules du noyau incolore, gonflées par l'eau. Mais, en reconnaissant ce fait, nous sommes conduits à chercher les relations

entre les deux organismes stériles sus-nommés et d'autres états plus développés de la même espèce.

A cet effet, nous rappellerons en premier lieu que l'*Ascospora Aegopodii* se trouve toujours, sur la même feuille, en compagnie d'un autre champignon: *Dothidea Podagrariae* (= *Phyllachora Aegopodii*), et qu'entre ces deux formes on observe toutes sortes de transitions, les grains simples alternant avec des grains doubles ou triples, et ceux-ci avec d'autres encore plus composés, bien reconnaissables à leur aspect crustacé. Il convient de remarquer aussi que l'*Ascospora Ostruthii* présente, bien qu'avec moins de variations, le même phénomène, et que chez ces deux champignons il n'existe, comme nous l'avons déjà dit, absolument aucune différence anatomique entre les grains isolés et les parties constituantes des grains composés.

En présence de ces faits, l'idée s'impose à nous que les *Ascospora* en question sont des „*Dothidea* simples,” dénomination dont la légitimité s'appuie sur l'autorité même de Fries, qui dit, dans la 2^e note au bas de la page 386 de sa *Summa Væg. Scand.*: „Omnes species (*Dothideae*) simplices nunc distinguo (Cfr. *Stigmatea*).”

Mais, demandera-t-on, connaissons-nous donc aussi des *Dothideae compositae* stériles? puisque, sans cela, l'affinité qui vient d'être signalée ne serait pas encore à l'abri de tous les doutes. A cette question, on peut répondre affirmativement. C'est ainsi que les *Dothidea Ulmi* et *Dothidea betulina*, aux approches de l'hiver, sur les feuilles jaunies de l'Orme et du Bouleau, ne se trouvent jamais qu'à l'état stérile, et c'est seulement au printemps suivant, alors que les feuilles sont presque entièrement pourries, qu'on rencontre des asques dans leurs périthèces. De même, nous voyons, dans les ouvrages mycologiques, les *Dothidea* ou *Phyllachora Heraclei*, *Trifolii*, *Caricis*, *Gangraena*, *Morthieri* cités comme des espèces qui n'ont été observées jusqu'ici qu'à l'état stérile, et il n'y a pas de doute que tous les *Dothidea* fertiles parcourent cette période de stérilité, dans laquelle beaucoup d'autres s'arrêtent pendant longtemps.

Or, si l'on examine au microscope un *Dothidea Ulmi* ou *betulina*

stérile, sur des feuilles d'Orme ou de Bouleau récemment tombées, on y retrouve exactement la même structure que nous montrent le *Dothidea Podagrariae* ou les grains confluent de la feuille d'*Angelica*: un stroma de cellules parenchymateuses polygonales, contenant des noyaux incolores, et dont les parois, mises en contact avec l'eau, se gonflent fortement et prennent, avec le contenu en partie saillant au dehors, un aspect brillant.

Rien ne s'oppose donc, on le voit, à ce que nous considérions l'*Ascospora Ostruthii* et l'*Ascospora Aegopodii* comme des *Dothideae simplices* ou, suivant les vues postérieures de Fries, comme des espèces du genre *Stigmatea*, mais comme des espèces dont le nucléus, même aux approches de l'hiver, n'a pas produit d'asques. Qu'au printemps suivant le nucléus contiendra effectivement ces organes, c'est un fait au sujet duquel — l'histoire des *Dothidea Ulmi* et *betulina* nous l'apprend — il ne peut rester de doutes; jusqu'à présent, toutefois, on ne les a pas trouvés, parce que les feuilles d'*Angelica* et d'*Aegopodium* n'ont pas été examinées à l'état pourri.

La diagnose du genre *Stigmatea* est ainsi formulée par Fries: „Perithecia globosa, atra, innato-prominula nucleo firmo (albo) astomo, demum ore subrotundo dehiscente. Asci subtetraspori. *In foliis vivis.*” En comparant cette phrase diagnostique avec les caractères de nos deux *Dothideae simplices*, nous devons reconnaître qu'elle s'y adapte parfaitement, à cela près, bien entendu, que, sur les feuilles vertes, ces *Dothideae simplices* ne produisent pas d'asques, et ne sont pas non plus en possession d'un ostiole, bien qu'une tache assez transparente, au sommet des périthèces¹⁾, puisse faire soupçonner l'endroit où cette ouverture apparaîtra plus tard.

Une autre raison de croire à l'affinité des *Stigmatea* et de ces deux *Dothideae simplices* réside dans la similitude de caractères entre les spores des premiers et celles des *Dothideae compositae*,

¹⁾ A la rigueur, on ne peut pas parler de périthèces chez les *Dothideae simplices*, pas plus que chez les *D. compositae*. Si l'on attribuait à celles-ci un stroma multinucléé, il faudrait chez celles-là parler d'un stroma uninucléé.

et une raison non moins forte est fournie par la circonstance: 1° que, chez les *Stigmatea* comme chez les *Ascospora Aegopodii* et *Ostruthii*, les filaments mycéliens bruns modifient notablement la couleur et la consistance du tissu dans lequel ou sous lequel les périthèces sont plongés, parce que ces filaments pénètrent dans les cellules et y donnent bientôt naissance à un pseudo-parenchyme; 2° que la paroi des *Stigmatea* mûrs et remplis d'asques est toujours formée de plus de *une* couche de cellules brunes, ce qui semblerait indiquer qu'il existe encore un stroma, quoiqu'à un état de développement très rudimentaire.

Si, en conséquence, on voulait dorénavant rapporter les *Ascospora Aegopodii* et *Ostruthii* au genre *Stigmatea*, il y aurait lieu de supprimer dans la diagnose de ce dernier les mots „in foliis vivis”, et il faudrait aussi changer l'expression „asci subtetraspori” en celle d'„asci 8-spori”.

De notre thèse, que l'*Ascospora Ostruthii* et l'*Asc. Aegopodii* — dont le second, signalé par Fries comme espèce type, a été retrouvé par nous, et dont le premier est venu à notre connaissance par une figure et une description faites d'après des échantillons qui provenaient de Fries lui-même — doivent être regardés comme des *Stigmatea* non mûrs, il suit nécessairement que les autres espèces d'*Ascospora*, créées par Fries et par Fuckel, devront aussi satisfaire aux conditions d'un *Stigmatea* non mûr, pour pouvoir prendre place dans le même genre.

Rappelons donc encore une fois brièvement ces conditions, afin d'arriver ensuite plus facilement à un jugement correct dans la question pendante.

En premier lieu, il faut que les filaments du mycelium forment un réseau plus ou moins serré, ayant l'aspect ou bien d'une tache discolore, ou bien d'une espèce de croûte, à la production de laquelle, bien entendu, prennent part aussi les éléments du tissu de la feuille elle-même; 2° sur ce tapis de mycélium doivent naître, non des périthèces, mais des stromes uninucléés, ressemblant à des périthèces; 3° le nucléus lui-même doit être composé de cellules joignant exactement les unes aux autres; 4° il faut

que les stromes uninucléés ne présentent pas d'ostiole, c'est-à-dire, pas d'ouverture indiquant le chemin par où une partie du contenu pourrait être évacué.

Le second de ces caractères demande un mot d'explication. Comment peut-on savoir, en effet, si un petit corps globuleux, porté par un filament de mycélium, doit être regardé comme un périthèce ou comme un stroma uninucléé? La réponse est facile: les vrais périthèces, avec lesquels les *Stigmatea* pourraient être confondus, ne montrent jamais qu'une seule couche de cellules brunes autour du noyau, tandis que les stromes uninucléés, ressemblant à des périthèces, possèdent toujours deux ou un plus grand nombre de ces couches; ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, cette particularité dénote, pour ainsi dire, que la paroi des *Dothideae simplices* a encore retenu quelque chose du stroma des *Dothideae compositae*.

Si maintenant nous soumettons au contrôle, de ces données les *Ascospora*, autres que l'*Ostruthii* et l'*Aegopodii*, dont Fries a fait mention dans la *Summa Veg. Sc.* et que nous avons pu étudier, nous trouvons que ni l'*A. brunneola* (Desm. *Cr. de Fr.*, 1^e S., 1^e Ed., n° 986; Rab. *Herb. Myc.*, II, n° 660; Rab. *Fungi Europ.*, n° 1854; Fuckel *Fungi Rhen.*, n° 467), ni l'*A. Asteroma* (Fuckel *Fungi Rhen.*, n° 470), ni l'*A. carpineae* (Desm. *Cr. de Fr.*, 1^e S., 1^e Ed., n° 98; Rab. *Fungi Eur.*, n° 365; Fuckel *Fungi Rhen.*, n° 466) ne peuvent appartenir au genre *Stigmatea*, attendu qu'ils satisfont bien aux conditions 1, 3 et 4, mais non à la condition 2. Autour du nucléus incolore, on ne voit qu'une seule couche de cellules brunes plus solides, laquelle couche est en contact immédiat, sans aucun passage de couleur, avec les autres cellules, et se distingue aussi par la forme plus aplatie de ses éléments.

Nous sommes ainsi conduits à comparer la structure de ces *Ascospora* avec celle d'autres champignons follicoles, et le résultat de cette comparaison est qu'ils se rapprochent le plus des espèces du genre *Sphaerella*. Chez celles-ci également, les périthèces ont une paroi d'une seule cellule d'épaisseur; en outre, ces organes y naissent assez souvent d'un réseau plus ou moins dense de

filaments mycéliens, et ils finissent simplement par s'ouvrir au sommet, sans offrir en ce point, comme les Pyrénomycètes d'une organisation plus élevée, un prolongement en forme de papille ou de bec. La plupart des *Sphaerella*, toutefois, sont déjà pourvus d'asques avant que les feuilles ne se fanent, ou pendant que ce changement s'opère, tandis que les espèces ci-dessus nommées, recueillies sur des feuilles flétries, ne présentaient encore aucune trace de ces organes. D'après cela, il ne peut y avoir de doute, ce me semble, que les *Ascospora brunneola*, *Asteroma* et *carpineae* sont autant de *Sphaerella* à l'état de non-maturité, et que dorénavant on devra les ranger sous ce chef, sans songer toutefois, le moins du monde, à les mettre sur la même ligne que des pycnides.

Un fait conforme à cette conclusion, c'est que Karsten (*Mycologia Fennica*, II, p. 180 et 181), tant sur les feuilles de *Convallaria majalis* que sur celles de *Convallaria Polygonatum*, a trouvé, au printemps sur les premières et en Juin et Juillet sur les secondes, dans les mêmes taches discolores qui servent d'habitation à l'*Ascospora brunneola* et à l'*Asc. Asteroma*, les périthèces remplis d'asques et de spores d'un *Sphaerella*, ce qui nous explique pourquoi il a rangé dans ce genre les deux *Ascospora* en question. Fuckel, dans ses *Symbolae* (p. 94), a également fait mention d'un *Sphaerella* sur les feuilles du *Convallaria Polygonatum*, en commettant toutefois la faute de ne pas le donner comme une espèce de ce genre, mais comme la forme ascophore de l'*Ascospora Asteroma*. Comme Fries ne voulait voir attribuer la possession d'asques à rien de ce qu'il avait désigné sous le nom d'*Ascospora*, cette interprétation ne pouvait être admise, et c'est là la raison qui nous a fait dire précédemment que Fuckel n'avait pas compris la vraie signification de l'*Ascospora Asteroma*.

La manière de voir de Karsten prête aussi à la critique, au moins sous un rapport. Il est inexact de classer, comme il le fait, l'*Ascospora Asteroma* Fr. et l'*Ascospora brunneola* Fr. parmi les synonymes, le premier de *Sphaerella Asteroma* et le second de *Sphaerella brunneola*. Ces deux *Ascospora* ne sont que l'état *immûr* du champignon plus complètement organisé. En présentant les choses de cette

façon, on favorise la clarté; de toute autre façon, on lui fait tort.

La question de savoir si l'*Asteroma subradians* doit être regardé, ainsi que le veut Fuckel (*Symb.*, p. 94), comme la forme conidiophore de l'*Ascospora brunneola* -- à l'état mûr = *Sphaerella brunneola* -- ne me semble pas difficile à résoudre. Puisque Fries, dans la *Summa Veg. Sc.*, p. 424, témoigne lui-même que ses *Asteroma* ne sont pas autre chose que des *Ascospora* à mycelium étendu sous forme d'étoile, par conséquent, des champignons qui peuvent également posséder un périthèce, mais à nucléus non mûr, il n'est guère possible de ne pas repousser l'idée de Fuckel. Aussi Karsten déclare-t-il l'*Asteroma subradians* synonyme de l'*Ascospora brunneola*, opinion mieux en harmonie avec les faits, mais qui d'ailleurs, vu la disposition particulière des filaments mycéliens chez la première de ces deux formes, exigerait encore un examen ultérieur.

Il est non moins hasardé, suivant nous, d'appeler l'*Asteroma* ou *Cambosira reticulatum* le champignon spermogonifère de l'*Ascospora* ou *Sphaerella Asteroma*, comme Fuckel et Karsten l'ont fait tous les deux. Outre qu'ici encore l'avis de Fries n'est pas favorable à cet accouplement, il ne faut pas perdre de vue: 1^o. que personne n'a jamais observé les spermaties de l'*Asteroma reticulatum*, et 2^o. que le nucléus incolore des périthèces de ce champignon, examiné au microscope, se montre composé, tout comme celui des *Sphaerella* et *Stigmatea* non mûrs, de petites cellules polygonales, et jamais d'éléments rangés dans l'ordre qu'ils affectent habituellement chez les futures spermogonies.

Si, à ma connaissance, des périthèces à asques et spores mûrs n'ont été rencontrés, au milieu des taches brunes de l'*Ascospora brunneola* et de l'*Asc. Asteroma*, que par M. Karsten seul, il en est autrement de l'*Ascospora carpinea*, dont les périthèces ascophores sont mentionnés par Fuckel, Auerswald, Cooke et plusieurs autres auteurs. La circonstance que sur les feuilles du Charme, en automne, on trouve, sur les mêmes taches noires, des périthèces mûrs et des périthèces non mûrs à proximité immédiate les uns des autres, me paraît autoriser la supposition qu'ils appartiennent à

la même plante ; il y aurait donc lieu, ici encore, d'effacer de la liste des espèces un champignon décrit comme espèce autonome (*Ascospora carpinea*), mais qui ne serait qu'une forme d'un champignon plus élevé (*Sphaerella carpinea*).

En ce qui concerne l'*Ascospora cruenta* Fuck., nous avons déjà montré précédemment, en détail, qu'il a, tout aussi peu que d'autres *Ascospora*, le droit de figurer à titre d'espèce distincte dans le système mycologique. La seule question qui puisse encore se présenter ici, c'est de savoir à quel genre il conviendrait de rapporter cette soi-disant espèce. La réponse sera : au genre *Stigmatea*, attendu que la paroi des périthèces est formée de trois couches de cellules brunes plus solides, et non d'une couche unique, comme chez les *Sphaerella*. Cependant, il demeure digne de remarque que, sous l'influence de l'eau, s'exerçant sur des coupes minces, le contenu protoplasmique des cellules nucléaires de l'*Ascospora cruenta* s'échappe si facilement, ce qui donne accès à l'idée que le contenu tout entier du nucléus pourrait être composé de spores. Je ferai remarquer, toutefois, que chez des périthèces intacts on ne voit jamais ces endoplasmes apparaître au dehors, de sorte qu'on peut admettre que leur expulsion, à n'importe quelle période de développement, n'appartient pas aux phénomènes normaux de la vie du champignon.

Un mot encore relativement à l'*Ascospora Mali*. On pourrait s'étonner en effet, après ce qui précède, que nous n'assignions pas aussi à ce champignon une place parmi les *Sphaerella*, puisque Fuckel et de Thümen ont tous les deux rencontré des périthèces ascosphores sur les feuilles du Pommier, et parfois même au milieu des taches discolorées qui ne sont pas rares sur ces feuilles. Mais on voudra bien considérer : 1°. que les périthèces ascosphores de Fuckel (*Symb.*, p. 95) et ceux de de Thümen sont des organismes très dissemblables, de sorte qu'il y aurait tout d'abord à se demander lesquels de ces périthèces, ceux de Fuckel ou ceux de de Thümen, doivent être regardés comme les vrais ; et 2°. que différents *Sphaerella* ont été observés sur la feuille du Pommier, sans que rien ait appris si l'un d'entre eux se trouve dans un rapport

génétiq ue avec les taches d'*Asteroma* ou d'*Ascospora*. De nouvelles observations pourront seules répandre ici le jour nécessaire.

En terminant, nous dirons comment nous concevons la maturation des périthèces de *Stigmatea* et de *Sphaerella*: nous supposons que le pseudo-parenchyme, dont ces organes sont remplis avant la maturité, est peu à peu refoulé et remplacé par des asques et des paraphyses, nés d'hyphes fertiles qui étaient primitivement latents. La circonstance que les stromes multinucléés non mûrs du *Dothidea Ulmi*, après avoir passé un hiver dans l'humus humide, se montrent remplis d'asques sporifères aux mêmes points où l'on n'observait antérieurement que du pseudo-parenchyme, cette circonstance donne à notre hypothèse un appui solide.

De tout ce qui précède, je crois pouvoir tirer les conclusions suivantes:

1°. La nature et la signification du genre *Ascospora* Fr. étaient restés jusqu'ici énigmatiques, de sorte qu'une étude, ayant pour but de résoudre les doutes qui régnaient à ce sujet, était impérieusement réclamée.

2°. Les espèces d'*Ascospora* ne doivent pas être regardées plus longtemps comme des champignons autonomes (Fries, Caspary, Fuckel, Poetsch, de Thümen, Ohmuller, von Niessl), ni comme les spermogonies ou les pycnides d'autres champignons (Tulasne, Kickx); elles sont l'état immûr d'autres champignons de la famille des Pyrénomycètes.

3°. Parmi les espèces d'*Ascospora* énumérées par Fries dans la *Summa Vegetabilium Scandinaviae* se cachent les états immûrs de deux genres différents: STIGMATEA (*Ascospora Otruthii* et *Asc. Aegopodii*) et SPHAERELLA (*Asc. brunneola*, *Asc. Asteroma* et *Asc. carpinea* ¹).

4°. La différence entre les genres *Stigmatea* et *Sphaerella* consiste en ceci, que les périthèces du premier (à proprement parler les stromes uninucléés d'un *Dothidea simplex*) ont une paroi brun foncé, de deux ou plusieurs cellules d'épaisseur, tandis que ceux du second ont une paroi d'un brun plus clair, épaisse d'une seule cellule.

5°. Des 10 espèces d'*Ascospora* citées par M. Fuckel dans ses *Symbolae Mycologicae* et leurs suites, 3 (*Asc. brunneola*, *Asc. carpinea* et *Asc. Asteroma*) appartiennent au genre *Sphaerella*, et 1 (*Asc. cruenta*) au genre *Stigmatea*. Les 6 autres ont été confondues comme il suit :

Ascospora Aegopodii avec *Septoria Aegopodii* Desm.

» *Solidaginis* avec *Cladosporium heteronemum*(Desm.)Oud.

» *Mali* avec une des espèces de *Sphaerella* qui croissent sur la feuille de Pommier.

» *Dentariae* avec *Zythia Dentariae*.

» *Scolopendrii* avec la forme *Uredo* d'une espèce de *Melampsora*.

» *Pisi* avec *Gloeosporium Pisi* Oud. (= *Ascochyta* Lib.)

6°. Les asques trouvés chez l'*Ascospora Dentariae* par M. Fuckel (appelés spores par d'autres) ne sont ni des asques, ni des spores, mais les endoplasmes des cellules les plus centrales du nucléus, lesquels endoplasmes, sous l'influence de l'eau et par suite de la métamorphose en bassorine des parois cellulaires, peuvent être expulsés sous la forme de corpuscules arrondis.

7°. *Ascospora pulverulenta* Riess est une Urédinée, à savoir, suivant M. Magnus, la forme *Uredo* du *Melampsora* ou *Thekospora areolata* Magn.

8°. *Ascospora microscopica* von Niessl est formé en partie des périthèces d'un *Sphaerella*, et en partie d'organismes regardés, par cet auteur lui-même, comme les stylospores de l'une ou de l'autre espèce de *Sphaerella*.

9°. *Sphaeria Aegopodii* P. est le même champignon que *Septoria Aegopodii* Desm., mais n'est pas du tout l'*Ascospora Aegopodii* Fr.

10°. Il est fortement à recommander de n'appliquer les noms d'asques, de spores, de pycnides ou de spermaties qu'à des organes dont on a appris à connaître le mode de naissance dans les périthèces qui les renferment.

1) Je n'ai pas eu l'occasion d'observer les autres espèces citées par Fries : *Asc. Spinaciae* et *Solidaginis*.

SUR LA
DIGESTION ARTIFICIELLE DE LA CELLULOSE,

PAR

Th. H. MAC GILLAVRY.

Après que M. Donders eut montré que les matières albuminoïdes du froment et du seigle résident principalement dans une couche cellulaire unique entourant le grain tout entier, et que, lors de la mouture, cette couche reste presque partout adhérente au son, il examina aussi si les corps albumineux et les corps gras du son sont digérés par les animaux (chien et lapin). A peu près vers le même temps, M. J. A. Fles détermina la digestibilité du son chez le chien, le lapin, la chèvre et l'homme, tandis qu'un peu plus tard le même problème fut étudié, par M. F. C. Hekmeyer, chez le bœuf et le cheval.

La question essentielle dans ces recherches, exécutées il y a environ 25 ans, était celle-ci: la paroi cellulosique des cellules qui contiennent les corps albumineux est-elle attaquée par les liquides servant à la digestion? Si la réponse était affirmative, il allait de soi que le contenu des cellules devait également être digéré; dans le cas contraire, il fallait refuser au son toute valeur nutritive, en dépit de sa richesse en corps albumineux et en corps gras. On sait que les expérimentateurs, dont je viens de citer les noms, prouvèrent que les herbivores digèrent le son, tandis que ni les carnivores, ni l'homme, ne paraissaient être capables de cette action ¹⁾.

Depuis lors, le fait que la cellulose est digérée par les herbivores n'a jamais été nié, mais a au contraire reçu de nombreuses confirmations. Plus récemment, MM. Henneberg, Stohmann et Weiske

¹⁾ Voir, à ce sujet, les années 1850 à 1852 du *Nederlandsch Lancet*.

ont montré que l'homme possède aussi ce pouvoir, bien qu'à un faible degré.

Les chimistes des stations agricoles ont exécuté, dans les dix dernières années, un travail qui mérite toute notre admiration. Grâce à eux, nous sommes en état d'établir par des chiffres que la cellulose constitue dans l'alimentation des herbivores un élément important et couvre pour une part notable les dépenses de l'organisme. A l'appui de cette vérité, je rapporterai brièvement quelques résultats empruntés à l'*Organ für naturwissenschaftliche Forschung auf dem Gebiete der Landwirtschaft*.

Lorsque du foin de graminées est traité successivement par l'acide sulfurique étendu, la soude en solution étendue, l'alcool, l'éther et l'eau, il reste une masse de fibres, à laquelle a été appliqué d'abord le nom de cellulose et qui plus tard a reçu de MM. Henneberg et Stohmann celui de *Rohfaser* ¹⁾. La *Rohfaser*, que j'appellerai *fibres végétale*, contient encore des éléments minéraux, mais ne renferme plus d'azote. Quand on fait agir sur elle l'iode et l'acide sulfurique, une partie, environ 60 pour cent, est colorée en bleu et se gonfle de manière à former une bouillie; le reste prend une couleur brun jaunâtre.

L'analyse élémentaire a fait connaître que cette fibre végétale, après déduction des éléments minéraux, contient en 100 parties:

C.	H.	O.
46,34	6,46	47,19

tandis que la composition de la cellulose pure est:

44,44	6,17	49,39
-------	------	-------

On sait que la *fibres végétale*, outre la cellulose, contient encore d'autres matières, dont quelques-unes ont reçu des noms particuliers, par exemple, la lignine, la subérine, la cutine, qui toutes sont plus riches en carbone que la cellulose. M. Stutzer est parvenu, essentiellement par l'action prolongée de l'acide nitrique d'une densité de 1,33, à la température de l'ébullition, à isoler de la

¹⁾ Voir, pour plus de détails, le recueil périodique cité dans le texte, tome XVIII, No. 5, *die Rohfaser der Gramineen* von Dr. A. Stutzer.

fibres végétale une masse dont la composition élémentaire concorde assez bien avec celle de la cellulose, et qui se colore aussi entièrement en bleu sous l'influence de l'iode et de l'acide sulfurique. Réciproquement, en chauffant la fibre végétale pendant 18 jours avec de l'acide sulfurique (1 : 5), il en a transformé une grande partie en glycose, et obtenu pour résidu une masse qui était composée ainsi :

C.	H.	O.
50,20 pCt.	6,80 pCt.	42,99 pCt.

Cette masse, soumise à l'action de l'iode et de l'acide sulfurique, donnait encore une légère coloration violette. Au total, le traitement par l'acide sulfurique avait dissous 65,44 pour cent de la *fibres végétale*. Je crois donc qu'on peut admettre, en toute confiance, que la fibre végétale est composée pour plus de la moitié de cellulose.

Comme il est reconnu que le fumier des ruminants présente un déficit de plus de 50 pour cent sur la *fibres végétale*, et que la *fibres végétale* du fumier surpasse de beaucoup, quant à la proportion de carbone, la *fibres végétale* des fourrages, il en résulte que c'est surtout la cellulose de la *fibres végétale* qui est dissoute dans le canal intestinal. Le tableau suivant donne les résultats numériques obtenus par divers observateurs.

Sur 100 parties de *fibres végétale* contenue dans le foin de graminées, il en est digéré ¹⁾ :

	d'après des expériences faites à Weende
60 par les bœufs,	» » » » par Peters
63 » » moutons électoraux,	» » » » » » (Hellriegel
72 » » » Negretti,	» » » » » ») et Lucanus
54 » » » ordinaires,	» » » » » »)
58 » » » »	» » » » » » Hofmeister
54 » » » »	» » » » » » » »

Au sujet des écarts assez prononcés des nombres de ce tableau, il convient de remarquer que des animaux ruminants de la même espèce et du même âge, soumis à des expériences comparatives par un seul et même observateur, ont souvent présenté des dif-

¹⁾ *Org. f. naturw. Forsch. a. d. Geb. d. Landw.*, t. XVI, No. 1, p. 21.

férences tout aussi grandes que celles que des observateurs différents ont trouvées pour des ruminants d'espèces différentes. On constate aussi le fait important que, chez les petits ruminants, la nutrition est plus active que chez les grands, fait entièrement conforme à la théorie qui postule pour les animaux de petite taille des pertes de force vive proportionnellement plus grandes.

Des tableaux communiqués par M. Stohmann ¹⁾, il résulte qu'une chèvre, qui produisait par jour 1 à 1,5 litre de lait, digérait, par jour et par kilogramme de poids du corps, en moyenne près de 4 grammes de fibre végétale, et qu'elle absorbait, également par jour et par kilogramme de poids du corps, 4,8 grammes de corps albumineux. Tout bien considéré, je ne crois pas exagérer en évaluant à 3 grammes la quantité de cellulose pure que la chèvre digérait par jour et par kilogramme de poids.

Tandis que, appuyé sur les résultats obtenus dans les stations agricoles, on est maintenant en état de prescrire à l'éleveur un mode rationnel d'alimentation du bétail, les besoins scientifiques attendent encore leur satisfaction. Le physiologiste voudrait savoir dans quelles parties du canal digestif et par quels liquides la cellulose est dissoute, et quelles sont les transformations qui ont lieu dans cet acte. A ma connaissance, on a bien essayé de répondre aux questions qui intéressent avant tout le physiologiste, mais sans réussir à jeter beaucoup de jour sur le phénomène.

M. Funke avait communiqué, dès 1855 ²⁾, le fait que la sécrétion de la portion étroite du cæcum (appendice vermiculaire?) des lapins, employée à des essais de digestion artificielle, n'attaquait pas la cellulose, et que du papier à filtre de Suède, introduit dans cet organe chez l'animal vivant, en ressortait sans altération aucune. M. Funke ne cacha pas qu'il s'était attendu à un résultat contraire. M. Hofmeister qui étudia l'action de la salive et du suc gastrique sur la cellulose, n'obtint non plus que des résultats négatifs ³⁾.

Aux mois de juillet et d'août de cette année, M M. Aronstein

¹⁾ *Biologische Studien* von F. Stohman, 1stes Heft, p. 39.

²⁾ *Lehrbuch der Physiologie*.

³⁾ *Bericht über das Veterinärwesen im Königreiche Sachsen für das Jahr 1874*.

et van der Harst ont coopéré avec moi, dans le laboratoire de l'Ecole vétérinaire, à des expériences dans lesquelles nous cherchions rendre la cellulose soluble par voie de digestion artificielle. La cellulose employée provenait du coton cardé et du papier à filtre de Suède. Cette dernière matière fut dissoute dans la solution ammoniacale d'oxyde de cuivre et précipitée par l'acide chlorhydrique. Le précipité fut lavé à l'eau bouillante, et cette opération fut encore répétée à plusieurs reprises après que le ferrocyanure jaune de potassium eut cessé de colorer le liquide filtré. La cellulose ainsi obtenue fut mêlée, tant à l'état humide qu'après dessiccation à 100° C, avec le liquide digestif artificiel. Pour obtenir celui-ci, les membranes muqueuses des organes de la digestion et le pancréas, à l'état parfaitement frais, étaient nettoyés dans l'eau, coupés en petits morceaux et recouverts de glycérine pure et concentrée (d'après le précepte de von Wittich). Après plusieurs jours de contact, une portion du liquide, devenu clair par déposition, était mêlée avec de l'acide chlorhydrique étendu ou avec une solution étendue de carbonate de sodium, puis on ajoutait la cellulose et on laissait digérer le mélange pendant quelques jours à une température d'environ 38° C. On essaya aussi si l'action successive de solutions glycériques différentes conduirait au résultat désiré. Comme on supposait que, si la cellulose pouvait être attaquée par la digestion artificielle, il se formerait de la glycose, on ne négligea jamais de rechercher si le liquide présentait la réaction de cette matière. Pour cela, le liquide limpide, obtenu par décantation ou par filtration, était additionné de quelques gouttes de solution de potasse, puis mêlé et secoué avec un peu d'une solution très étendue de sulfate de cuivre, jusqu'à ce que la couleur, vue sur un fond blanc, parût bleu clair. Le liquide était alors divisé en deux moitiés égales, dans des éprouvettes de même calibre, et une seule de celles-ci était chauffée. Si un liquide ainsi préparé contient un corps qui réduit l'oxyde de cuivre, la plus faible quantité de ce corps se trahit par la décoloration de la moitié chauffée. Une décoloration légère devient encore sensible par comparaison avec l'éprouvette non chauffée. Lorsque la réduction est énergique, il se forme un précipité

rouge ou, d'autres fois, jaune. Cette méthode, qui a été indiquée par M. Brücke et qui décèle de très faibles traces de sucre, donne des résultats plus sûrs que la réaction avec la liqueur d'épreuve.

Bien que, dans le cours de nos recherches, il y ait eu une période où nous pensions avoir acquis la certitude que le cæcum (chèvre) est l'organe qui transforme la cellulose en sucre, la suite de nos expériences nous fit de nouveau douter de l'exactitude de cette conclusion. La couleur du dépôt n'était pas celle qui apparaît lorsqu'on ajoute intentionnellement du sucre. Elle avait ordinairement quelque chose de sale, de grisâtre. Les réactions étaient aussi très variables. En fin de compte, nous n'osâmes pas assurer avoir jamais trouvé un corps donnant les réactions de la glycose, et nos résultats négatifs ne nous parurent pas valoir la peine d'être publiés.

Au mois de septembre j'ai repris les recherches, et je les ai continuées jusqu'à ce jour. En possession de résultats qui ne laissent plus place au doute, je crois le moment venu de les faire connaître, mais en me bornant provisoirement aux points essentiels. Lorsqu'on lave à l'eau la portion étroite du cæcum parfaitement frais du lapin, qu'on la coupe en morceaux, qu'on immerge ceux-ci pendant vingt-quatre heures dans l'alcool à 85 pour cent, et qu'après les avoir laissés sécher à l'air on les mêle intimement avec de la glycérine dans un mortier, on obtient une émulsion qui ne dépose que très lentement. Le liquide clair étant décanté, on en prend quelques gouttes, auxquelles on ajoute une solution de carbonate de soude (0,2 pour cent), et qu'on met alors en contact avec de la cellulose humide, chimiquement pure. Après une couple de jours de digestion vers 38° C, la liqueur est opaline, même après avoir été filtrée avec soin. L'expérience de Brücke ne produit pas seulement la décoloration, mais aussi un précipité rouge brique assez abondant. Si l'on fait digérer le carbonate de soude avec la solution glycérique sans ajouter de cellulose, ou si, la cellulose étant présente, on remplace la solution de carbonate de soude par l'acide chlorhydrique (0,2 pour cent), l'expérience de Brücke donne des résultats absolument négatifs.

Je me crois donc en droit de conclure: *que la muqueuse de l'appendice vermiculaire des lapins fournit une sécrétion qui, en cas de réaction alcaline, transforme la cellulose en une matière soluble dans l'eau, laquelle matière, soumise à l'expérience de Brücke, se comporte comme la glycose et sera très probablement reconnue pour telle par un examen plus approfondi.*

La question de savoir si la même propriété appartient aussi à d'autres parties de l'intestin, doit rester provisoirement indécise. Le cæcum proprement dit, traité de la même manière que l'appendice vermiculaire, m'a donné des résultats négatifs.

J'ai constaté, en outre, que des liquides obtenus par la digestion artificielle peuvent contenir de grandes quantités de sucre, sans que ce sucre réduise l'oxyde de cuivre dans l'expérience de Brücke. Lorsqu'on néglige, en effet, de traiter le tissu animal préalablement par l'alcool, la liqueur glycérique filtrée et parfaitement limpide contient une assez forte proportion d'albuminates. Si à une pareille liqueur on ajoute de l'eau, et que dans le mélange on dissolvé une grande quantité de glycose, l'expérience de Brücke donne une coloration violette (réaction des matières albumineuses) et aucune trace d'oxydure de cuivre.

Il serait intéressant de savoir si l'appendice vermiculaire de l'homme possède également la propriété de transformer la cellulose en sucre. L'opinion aujourd'hui généralement admise au sujet de cet organe devrait alors être modifiée.

Je suis le premier à reconnaître que le résultat jusqu'ici obtenu est peu de chose en comparaison de ce qu'il reste à faire; aussi tâcherai-je d'étendre le champ de mes recherches. Mais je sais qu'il me sera difficile de trouver le loisir nécessaire pour résoudre complètement le problème de la digestion de la cellulose, et en conséquence je me réjouirais si d'autres étaient conduits par ma communication à y consacrer leurs forces.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

ESSAI

D'UNE EXPLICATION GÉNÉTIQUE

DES

MOUVEMENTS OCULAIRES,

PAR

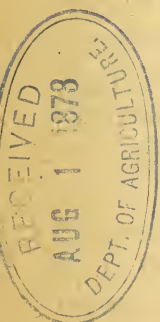
F. C. DONDERS.

Le champ visuel avec ses signes locaux, d'une part, et les mouvements de l'œil, d'autre part, se sont développés sous une influence corrélative et se trouvent par conséquent entre eux dans la plus étroite liaison. Pour expliquer ces mouvements, pour se rendre compte de leur origine et de leur signification, une connaissance exacte de cette liaison est nécessaire. Nous chercherons à la découvrir pour chacun des types de mouvement. La première condition de succès, toutefois, est de nous former une idée claire des mouvements eux-mêmes. Je me propose donc de faire toujours précéder par l'étude des mouvements celle de leur origine; sans doute, je ne pourrai éviter de reproduire ainsi des choses connues, mais on verra aussi, je pense, qu'après les travaux récents de MM. van Moll ¹⁾, Mulder ²⁾ et Küster ³⁾, et après les nouveaux

¹⁾ *Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool*, 3e série, t. III, p. 39.

²⁾ *Onderz. physiol. lab.*, 3e série, t. III, p. 118.

³⁾ *Archiv für Ophthalmologie*, t. XXII, p. 149.



résultats obtenus par moi au sujet des mouvements de convergence et de torsion symétrique, un aperçu général des mouvements oculaires ne manquait pas d'opportunité.

De ce grand thème, je ne pourrai guère donner qu'une esquisse. Quelques-uns de mes lecteurs, toutefois, ne voudront pas se contenter des résultats, mais désireront aussi apprendre à connaître les faits par l'observation directe. Je me suis en conséquence posé pour règle d'indiquer chaque fois des expériences simples, qui mettront à même d'observer les phénomènes. Celui qui aura pris cette peine, n'éprouvera ensuite aucune difficulté à comprendre les instruments et les méthodes qui ont servi à les étudier rigoureusement, et dont je me borne à présenter une description sommaire. Les numéros cités à cette occasion ont rapport à la „Description des instruments du laboratoire physiologique et de l'école ophthalmologique d'Utrecht”, qui se trouve dans les *Onderzoekingen* etc., t. IV, p. 1 et suiv.; pour plusieurs de ces instruments, je renvoie en outre à l'explication détaillée que j'en ai donnée dans des communications antérieures.

Il m'a paru convenable de suivre autant que possible dans mon exposition l'ordre historique, le seul qui montre les faits dans leur jour véritable.

Comparable, quant à ses mouvements, à une tête articulaire qui roule dans sa cavité, l'œil tourne autour d'un point à peu près fixe, situé très peu en arrière du centre de l'ellipsoïde sclérotique (Donders et Doyer). La droite menée du point fixé au centre de rotation est la *ligne de regard* ou *de fixation*. Partant du point de fixation principal, — lignes de regard horizontales dirigées droit en avant, la tête étant d'aplomb, — ses excursions s'étendent à environ 42° en dehors, 45° en dedans, 34° en haut, 57° en bas (Bloemert Schuurman).

Dans les mouvements des yeux il se manifeste une dépendance

mutuelle. Par une seule et même impulsion ils se portent tous les deux vers le haut ou vers le bas, à droite ou à gauche. Le plan qui passe par les lignes de fixation des deux yeux est le *plan de fixation*; l'ensemble des points sur lesquels elles peuvent se diriger forme le *champ de fixation*; la droite qui joint les deux centres de mouvement ou de rotation s'appelle la *ligne de base*.

Au point de vue de la fonction optique, nous distinguons immédiatement deux types de mouvement. L'un est relatif à la *vision de loin*, la tête étant d'aplomb, les lignes de fixation parallèles, l'accommodation relâchée. L'autre est la *vision de près*, la tête inclinée, le plan de fixation abaissé, l'accommodation tendue: la convergence aussi, même lorsqu'elle n'est pas symétrique, obéit pour les deux yeux à une seule et même impulsion. Tant en cas de convergence qu'en cas de parallélisme, les lignes de fixation peuvent parcourir le champ de fixation presque entier, et, dans les deux cas aussi, la tête et subsidiairement le tronc ont une tendance à se mouvoir dans le même sens et à restreindre ainsi l'étendue des mouvements oculaires.

Outre ces deux types, nous avons à distinguer deux formes de *torsion indépendante*, de rotation autour de la ligne de regard: la torsion *symétrique*, dans laquelle cette rotation a lieu en sens opposé pour les deux yeux, et la torsion *parallèle*, où la rotation s'opère pour les deux yeux vers le même côté. Dans chacune de ces rotations, l'impulsion est de nouveau commune aux deux yeux.

Nous examinerons séparément ces quatre formes de mouvement.

I. LIGNES DE FIXATION PARALLÈLES.

A l'époque où je commençai mon étude des mouvements oculaires ¹⁾, il était d'usage de partir de la considération des muscles, et de déduire de leur action présumée les mouvements

¹⁾ *Holländische Beiträge z. d. anat. und physiol. Wissenschaften*, t. I, pag. 105. Utrecht und Düsseldorf 1846.

de l'œil. Je compris que cette voie ne pouvait être la bonne, attendu qu'il n'y avait aucun motif d'admettre comme réellement existantes, supposé même que l'effet en pût être exactement prévu, toutes les combinaisons imaginables, et que par suite on courait toujours le risque de se perdre dans des fictions. Déterminer d'abord les mouvements, et ensuite s'enquérir des forces motrices, telle était la marche que je me proposai de suivre. Dans cette recherche, je fus très heureusement servi par la méthode dont nous devons l'idée et la première application à M. Ruete, la méthode des images consécutives. Le principe en est simple: une image consécutive linéaire nous montre, après l'exécution d'un mouvement, la direction du méridien qui, avant ce mouvement, avait reçu l'image linéaire.

Quant au chemin parcouru par la ligne de regard, il résulte de la détermination des deux points que l'œil fixe successivement. Autrefois on supposait que par là était donnée la position secondaire de l'œil, par rapport à la position primaire. C'était une erreur. Evidemment, nous devons connaître aussi la direction relative des méridiens avant et après le mouvement; nous devons savoir si dans ce mouvement l'œil a tourné autour de la ligne de fixation, et, le cas échéant, dans quel sens il a tourné.

Or, c'est ce que nous apprennent les images consécutives.

Des images consécutives se développent lorsque, après avoir fortement fixé un point pendant environ 20 sec., on laisse le regard, de préférence sur un plan d'un gris uniforme, *se reposer, immobile*: c'est là le point essentiel. Au bout d'une couple de secondes, apparaît alors l'image consécutive.

Sur une paroi verticale on suspend verticalement un ruban vivement coloré, puis on se place, la tête droite, à une distance de quelques mètres au moins, bien en face de ce ruban, et, un œil étant couvert, on fixe le regard de l'autre, dans la direction horizontale, invariablement sur un seul et même point du ruban. Il se forme de cette manière une image dans le méridien vertical ou primaire de la rétine, image dont l'impression consécutive se montre ensuite partout où le regard s'arrête sur la paroi. Qu'on

le fasse glisser le long d'une ligne horizontale: l'image consécutive coïncidera partout avec la verticale; qu'on le porte droit en haut ou en bas: l'image consécutive demeurera verticale sur le prolongement du ruban. Dans les deux cas, le méridien vertical reste donc vertical. Avec la position de la tête pour laquelle il est satisfait à ces conditions, et avec le regard horizontal dirigé perpendiculairement à la ligne de base sur le point de fixation principal, est donnée la position primaire. — Si l'on regarde à droite ou à gauche, et en même temps vers le haut ou vers le bas, on reconnaît que l'image consécutive, en cas de relèvement du plan de regard, incline du même côté sur la paroi, tandis qu'en cas d'abaissement du plan de regard elle penche du côté opposé. Le méridien vertical ne reste alors plus vertical.

Par ces expériences il était démontré que, partant de la position primaire et se mouvant soit directement en haut ou en bas, soit à droite ou à gauche, l'œil *tourne autour d'un axe perpendiculaire au plan qui renferme la ligne de fixation dans ses positions primaire et secondaire.*

Mais, autour de quel axe l'œil tourne-t-il lorsqu'il se meut vers le haut ou le bas suivant une direction oblique ?

M. Listing émit la conjecture que la même loi s'appliquerait à ce cas, que l'œil tournerait encore autour d'un axe perpendiculaire au plan dans lequel est située la ligne de fixation dans ses positions primaire et secondaire. C'était là évidemment la solution la plus simple du problème. Il se passa du temps, toutefois, avant qu'on fût fixé sur l'exactitude de cette solution. Pas plus que mes recherches, dans lesquelles fut déterminée l'inclinaison des images consécutives de lignes verticales, celles de Meissner, de Wundt et de Fick n'avaient donné une réponse décisive. Ce fut Helmholtz qui plaça l'œuf sur sa pointe ¹⁾. Il tendit par le point de fixation principal des rubans dans une direction oblique, et s'assura que, tout comme les images consécutives de rubans verticaux ou horizontaux, celles des rubans obliques progressent

¹⁾ *Archiv f. Ophthalmologie*, t. IX, p. 163.

dans leur propre direction, lorsque le regard suit la direction du ruban. Par conséquent le méridien, dans lequel est située l'image de ce ruban, conserve invariablement, pendant ce mouvement progressif, la même position; par conséquent, les lignes de fixation primaire et secondaire se trouvent dans le même méridien, et l'œil tourne autour d'un axe perpendiculaire à ce méridien, perpendiculaire aux directions primaire et secondaire de la ligne de fixation. Une démonstration plus claire ne saurait être fournie. Par elle, l'hypothèse de Listing fut promue à la dignité de loi.

Il est facile de voir que, d'après cette loi, pour tous les mouvements partant de la position primaire, les axes sont situés dans un seul et même plan, mené perpendiculairement à la ligne de regard par le centre de rotation, et appelé *plan principal des axes*. Le phénophthalmotrope simple (N^o. 30; voir aussi: *Archives Néerlandaises* t. V, p. 55, 1870) met ce fait en évidence. Dans un anneau extérieur fixe peut tourner un second anneau, qui représente le plan des axes principaux: on peut en effet, au moyen de cette rotation, donner à un axe situé dans le second anneau toutes les directions possibles, et amener ainsi le globe oculaire artificiel de la position primaire dans toutes les positions secondaires. A ce globe est liée une croix, dont on place les bras, avant de faire mouvoir le globe, l'un verticalement, l'autre horizontalement: le mouvement exécuté, ces deux bras indiquent les positions qu'ont prises les méridiens vertical et horizontal. Déjà antérieurement j'avais reconnu que, n'importe par quel chemin la ligne de regard eût acquis une certaine direction, la position correspondante de l'œil (pour des lignes de regard parallèles) était invariablement la même. Ce résultat a été nommé par Helmholtz la loi de Donders.

Un instrument peu compliqué permet de contrôler les deux lois. Il se compose d'une petite tige courbe en bois, pourvue à une extrémité d'une embouchure, qu'on serre entre les dents, et à l'autre extrémité d'une bande colorée, mobile autour d'un axe qui doit passer par la centre de rotation de l'œil: si, après

avoir fixé le regard dans la direction de l'axe, on le fixe sur le sommet de la bande, on voit l'image consécutive dans le prolongement de la bande, quelle que soit la direction de celle-ci (loi de Listing), et quels que soient les détours par lesquels la ligne de regard a pu atteindre ce sommet (loi de D.)¹⁾.

La loi de D. nous met en état de déduire ultérieurement de la loi de Listing les mouvements qui conduisent d'une position secondaire à une autre.

Comment se font ces mouvements?

En premier lieu, il suit des lois de Listing et de D. que tous les axes, autour desquels l'œil tourne pour passer d'une position secondaire donnée à toutes les autres positions secondaires, sont de nouveau situés dans un seul et même plan: autant de positions secondaires de l'œil, autant de plans d'axes. Ces plans sont faciles à trouver. Le plan bissecteur de l'angle compris entre le plan principal des axes dans la position primaire et ce même plan dans la position où il est amené par un certain mouvement de l'œil, — ce plan bissecteur est le *plan secondaire des axes* pour la position que l'œil occupe maintenant²⁾.

Pour trouver ensuite l'axe correspondant au mouvement d'une position secondaire déterminée b à une position secondaire déterminée b' , on n'a qu'à chercher séparément, pour chacune de ces deux positions, les plans secondaires des axes, B et B': la droite suivant laquelle ces plans se coupent est l'axe cherché. En effet, en passant de b à b' , l'œil doit tourner autour d'un axe situé dans le plan d'axes B; en passant de b' à b , autour d'un axe situé dans le plan d'axes B'; dans les deux cas, naturellement, autour du même axe: par conséquent autour de la droite suivant laquelle les plans B et B' se coupent.

¹⁾ Ce simple instrument pourra apprendre aussi jusqu'à quel point la loi de Listing reste vraie en cas d'inclinaison latérale stationnaire de la tête, inclinaison à laquelle est lié, comme on le verra plus loin, un mouvement de torsion parallèle.

²⁾ Voir, pour la démonstration mathématique: Helmholtz, *Optique physiologique*. (traduite par Javal et Klein) Paris, 1867, p. 636.

La perpendiculaire au plan secondaire des axes est la ligne dite atrope (non tournante); quant à la ligne de fixation, elle n'est point perpendiculaire à ce plan, et par conséquent elle décrit, dans le champ visuel sphérique, non pas un grand cercle, mais un petit cercle, nommé par Helmholtz *cercle de direction*.

Il est facile de se former une idée de ces cercles de direction. Transportez-vous en pleine mer, le point de fixation principal droit devant vous à l'horizon, le point occipital diamétralement opposé derrière vous, et portez le regard, sans mouvoir la tête, d'une étoile à telle autre, que vous voyez directement. Dans ce passage, la ligne de regard décrit chaque fois un arc au ciel, et cet arc est une portion d'un cercle de direction. Si l'œil pouvait continuer à tourner autour du même axe, *la ligne de regard passerait par le point occipital*: tous les cercles de direction sont déterminés par cette propriété, d'où il ressort qu'ils ne sont des grands cercles que lorsqu'ils passent aussi par le point de fixation principal. Veut-on voir un cercle de direction dans l'espace? On n'a qu'à mouvoir le regard en divers sens à travers le disque brillant de la lune ou à travers le soleil: là où pose maintenant le regard, apparaît au ciel une image consécutive. Sur les cercles de direction une image consécutive linéaire glisse, coïncidant partout avec eux, exactement comme sur les méridiens qui passent par le point de fixation principal.

De concert avec M. Küster, j'ai construit un instrument, nommé cycloscope (N^o. 48; voir aussi: *Onderzoekingen*, sér. 3, t. IV), qui rend sensibles aux yeux les cercles de direction et en outre tous les autres cercles qu'on a à distinguer dans le champ de regard. Il se compose d'un arc de cercle, sur lequel jaillissent en une série de points susceptibles d'être déplacés des étincelles d'induction, et d'une chaise pourvue d'un serre-tête, au moyen duquel la tête est maintenue dans la position primaire et de façon que le centre de rotation de l'œil coïncide avec le centre du cercle. En faisant tourner l'arc autour de différents axes, on peut lui donner la direction de tous les méridiens (qui passent par la ligne de fixation dans sa position primaire), de tous les grands cercles

qui dépendent de ces méridiens, de tous les cercles de direction, — et de plus, en le faisant monter ou descendre le long d'un support, celle de cercles parallèles. Un œil étant couvert et la tête bien immobile, si l'autre œil, prenant la position primaire, fixe à distance un petit disque lumineux (enduit de phosphore) dans une chambre d'ailleurs complètement obscure, on peut se représenter les points, où jaillit la succession rapide d'étincelles d'induction, comme des étoiles éloignées, et juger abstraitement de quelle direction les cercles formés par ces points donnent l'impression, tant lorsqu'ils sont vus indirectement du point de regard principal, que lorsqu'ils sont fixés. M. Küster ¹⁾ a décrit cet appareil et fait connaître en détail les résultats qu'il en a obtenus. Ici je me bornerai à cette simple mention: tandis que, vus de la position primaire, les grands cercles paraissent concaves vers le point de fixation principal, et les cercles parallèles convexes vers ce même point, les cercles de direction se présentent comme des lignes droites dans l'espace et ils conservent aussi invariablement la même orientation lorsque le regard se meut en les suivant. On peut encore fixer sur l'arc de direction un ruban coloré et constater le glissement de l'image consécutive le long de cet arc. La signification de ces résultats pour l'origine des notions visuelles ressortira plus loin ²⁾.

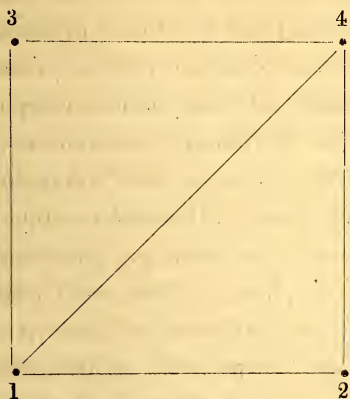
Nous avons fait remarquer que, dans le mouvement d'une position secondaire à une autre, la ligne de regard n'est perpendiculaire à l'axe de rotation que dans le seul cas où elle passe par le point de fixation principal. Dans tous les autres cas, par conséquent, ce mouvement implique une rotation autour de la ligne de regard. Cette rotation autour de la ligne de regard, nommée *mouvement de roue* (*Raddrehung*) par M. Helmholtz, ne

¹⁾ *Archiv für Ophthalmologie*, t. XXII, p. 149; 1876.

²⁾ Sans cycloscope, en se servant de la projection des lignes de direction et d'étoiles au ciel, M. Helmholtz (*Physiologische Optik*, p. 548 et suiv.) avait déjà trouvé en grande partie les résultats qui ont été décrits par M. Küster et qui maintenant, à l'aide du cycloscope, peuvent être rendus visibles à tous les yeux.

doit surtout pas être confondue avec la *torsion*, dont il sera question dans les sections III et IV de ce Mémoire. Elle est une simple conséquence des lois de Listing et de D. L'œil, en effet, passant d'une position secondaire à une autre, ne peut, sans mouvement de roue, prendre la position qu'il aurait obtenue s'il était parti directement de la position primaire. Loin de constituer une torsion véritable du globe de l'œil, ce mouvement de roue est donc la condition pour l'éviter. Au moyen du phénophthalmotrope composé (N^o. 31; voir aussi: *Onderzoekingen*, 2^e sér., t. III, p. 119), cela peut être rendu sensible en quelque sorte. On peut d'abord avec cet instrument, par rotation autour d'un seul axe suivant la loi de Listing, donner à la ligne de regard une certaine direction, par exemple oblique vers le haut, et constater la position correspondante de la croix. Ensuite on peut, partant encore de la position primaire *a*, donner de nouveau à la ligne de regard la même direction oblique vers le haut, en la faisant d'abord tourner à droite autour d'un axe vertical, puis en haut autour d'un axe horizontal, ou réciproquement, — chaque fois par conséquent autour d'un axe perpendiculaire à la ligne de regard, c'est-à-dire sans rotation autour de cette ligne. Mais on trouve alors que, dans le second cas, la croix qui indique la position des méridiens est dirigée autrement que dans le premier: pour obtenir une direction égale, une rotation autour de la ligne de regard serait nécessaire. Or, contrairement à ce que montre l'appareil, l'œil vivant, après avoir tourné d'abord à droite puis en haut (ou réciproquement), a de tous points la même position que s'il s'était porté directement à droite en haut, par rotation autour d'un axe unique. Les mouvements de l'œil diffèrent donc de ceux du phénophthalmotrope. La différence ne réside pas dans le mouvement de la position primaire *a* à la position secondaire *b*, mais dans celui de la position secondaire *b* à la position secondaire *b'*, — et celui-ci se fait donc en réalité autour d'un axe ayant une composante sur la ligne de fixation. Cette composante donne le mouvement de roue de Helmholtz. Il se manifeste par un changement de direction des objets.

Soient, sur une paroi éloignée, quatre points 1, 2, 3, 4, représentant les quatre angles d'un carré. Les deux points inférieurs, 1 et 2, se trouvent dans le plan de fixation horizontal; 1 sera



par exemple le point de fixation principal. Qu'on porte monoculairement le regard de 1 vers 2, vers 3, ou, suivant la diagonale, vers 4: aucun mouvement de roue ne s'opère, et les lignes qui joignent les points conservent leur direction. Mais si l'on porte le regard de 2 vers 4 ou de 3 vers 4 (ou réciproquement), on voit changer la direction des lignes (aussi celle des images

consécutives de rubans tendus dans ces directions): c'est là l'effet du mouvement de roue de Helmholtz.

Nous connaissons à présent les lois de Listing et de D. avec toutes leurs conséquences. Pouvons-nous maintenant aussi rendre compte de leur origine?

M. Helmholtz a essayé de le faire du point de vue empiriste. En ce qui concerne la loi de D., il cherche à l'expliquer par le „principe de l'orientation la plus facile pour la position de repos de l'œil.” Lorsque, après avoir exécuté un mouvement, le regard revient à un objet fixé, on reconnaît qu'il est resté en repos à ce que son image tombe de nouveau sur les mêmes points de la rétine.

Mais, dit M. Helmholtz, même sans fixer de nouveau l'objet, nous voulons distinguer s'il est resté en repos pendant et après le mouvement. Cela, remarque-il, sera le plus facile si, quelle que soit la position de l'œil, tous les points d'une image se déplacent toujours de la même manière lorsque le regard se porte d'un objet à un autre. Cette condition, toutefois, n'est pas réalisable. Elle ne suppose rien moins que l'absence de tout mouvement de roue dans le passage d'une position secondaire à l'autre. Tout

ce qu'on peut atteindre, c'est que ce mouvement de roue soit aussi petit que possible, „que pour tous les mouvements infiniment petits de l'œil, la somme des carrés des erreurs soit un minimum.” Or, en appliquant l'analyse à la question, on trouve que, pour un champ de fixation circulaire (avec le point de fixation principal au centre), champ dont se rapproche celui où l'œil se meut d'ordinaire, cette condition de minimum est suffisamment remplie par la loi de Listing. Dans cette propriété, M. Helmholtz cherche alors la raison pour laquelle les mouvements ont su se plier à cette loi.

La circonstance que dans son explication M. Helmholtz s'appuie uniquement sur l'empirisme individuel, ne ferait pas pour moi matière à objection. Si, comme je le pense, il faut aussi tenir compte de l'expérience des générations précédentes, celle-ci a eu lieu dans les mêmes conditions que l'expérience individuelle, et l'explication pourrait donc rester la même. Du reste, M. Helmholtz lui-même n'est pas si exclusif. Pour ce qui regarde les mouvements, en effet, il reconnaît que „lorsque l'appareil musculaire de plusieurs générations consécutives s'est adapté aux besoins des individus, et que sa disposition s'est transmise de génération en génération, les torsions les plus convenables de l'œil doivent être devenues en même temps les plus faciles à exécuter, et cette circonstance doit faciliter singulièrement leur production” ¹⁾. Ailleurs (p. 100) il concède que pour certaines innervations la voie peut être tracée par l'élément héréditaire. Et voudrait-il contester que dans la rétine, avec ses fossettes centrales et sa distribution nerveuse nettement caractérisée, se trouvent, sinon directement représentés les signes locaux, au moins déposés dès la naissance les conditions nécessaires à leur production dans un sens déterminé? M. Helmholtz a seulement cherché à montrer que nos représentations internes se laissent expliquer par l'expérience individuelle,

¹⁾ *Optique physiologique*, trad. de MM. Javal et Klein, p. 629. Je dois faire remarquer ici que le mot *torsion*, dont MM. Javal et Klein se servent pour indiquer le mouvement de roue (*Raddrehung*) de Helmholtz, est appliqué par moi à un autre mouvement, celui appelé *Rollbewegung*, qui seul me paraît offrir une torsion véritable.

sans croire que le succès de cette tentative suffit à prouver la théorie empiriste. Au fond, empiristes et nativistes se tendent la main. Pour ces derniers, tels que je les comprends, l'expérience est, non moins que pour les premiers, le fondement de toute représentation: ils diffèrent seulement quant à la part qu'ils attribuent à l'expérience du phyle et à celle de l'individu. Mais, où est la mesure propre à déterminer cette part? Ce qui n'est pas manifeste au moment de la naissance peut être déjà donné virtuellement, dans ses conditions, et après la naissance, au cours du développement ultérieur, ces conditions et l'influence de l'expérience individuelle se fondent en un ensemble indivisible. On peut donc seulement demander ce qu'il y a de manifeste dès la naissance. Or si l'homme, plus que la généralité des autres animaux, plus que les poules et les cochons d'Inde par exemple, doit s'approprier beaucoup par l'expérience individuelle, l'expérience des générations antérieures s'accuse pourtant aussi chez lui de la manière la moins équivoque. Avec M. Engelmann, j'ai vu la fixation binoculaire, avec changement de convergence, chez un enfant mâle une heure à peine après la naissance (cas exceptionnel sans doute, mais pourtant bien constaté), et dans un cas de cécité congénitale absolue j'ai trouvé des mouvements oculaires parallèles dans toutes les directions. Le fait que chez les chiens, comme l'a montré M. Adamük dans mon laboratoire, on peut obtenir, par l'irritation de certains points des tubercules quadrijumeaux, les mouvements *communs* ordinaires des deux yeux, paraît aussi très significatif. Mais, je le répète, du fondement empirique individuel, donné par M. Helmholtz à son explication, je ne tire contre celle-ci aucun argument.

J'ai deux autres objections.

La première résulte de ce que le mouvement de roue, en général, nuit si peu à l'orientation. A priori, M. Helmholtz avait même cru que l'influence en pourrait bien être annulée par une certaine compensation. L'expérience, toutefois, montra qu'elle reste perceptible. Mais comment? En réalité, seulement par une sorte d'abstraction. Sans en avoir conscience, nous combinons les facteurs de notre représentation interne, et alors nous ne

remarquons rien du mouvement de roue. Ce n'est qu'en cherchant à nous figurer le déplacement de l'image, dégagé du mouvement sous l'influence duquel il s'est opéré, que nous voyons, à la périphérie du champ de fixation, changer la direction des lignes qui sont situées en dehors des méridiens et que nous suivons du regard. De la même manière, en cas de mouvement volontaire des yeux et surtout de la tête, le déplacement sur la rétine se laisse concevoir comme mouvement des objets. Bien plus: quand, partant de la position primaire, le regard se porte sur un objet vu très près de la périphérie, il est même impossible de réprimer la sensation que cet objet se rapproche du point de fixation principal. Et, remarquez-le, tout en voyant changer continuellement de direction (voir p. 411) une ligne verticale située de côté dans le champ de regard, nous la jugeons pourtant, n'importe où le regard s'y arrête, verticale; inconsciemment nous tenons compte de la position de l'œil. — En outre, il n'est guère admissible que lorsque le regard, après un mouvement, revient à l'objet précédemment fixé, l'image de cet objet, resté immobile, tombe de nouveau sur les mêmes points de la rétine. Tout mouvement de l'œil, en effet, se combine avec un mouvement de la tête, et celle-ci ne reprend pas exactement, après chacun de ces mouvements, sa position première. On peut d'ailleurs, à cet égard, produire intentionnellement une différence, en maintenant la tête, lors du retour du regard, dans la position où elle a été amenée par le mouvement: nous n'en savons pas moins, avec certitude, si l'objet est demeuré en repos. C'est un fait réellement remarquable que la sûreté avec laquelle, sans en avoir conscience, nous tenons compte, en les compensant, de tous les facteurs constants. En veut-on une preuve frappante? Qu'on suspende une petite tige à une faible distance, et qu'on la fixe binoculairement tout en inclinant lentement la tête, alternativement vers l'une et vers l'autre épaule. Il se produit alors, premièrement, le mouvement susdit de la tête et une rotation concomitante de l'œil autour de l'axe visuel; en outre, les lignes de regard se meuvent, par un mécanisme musculaire très compliqué, alterna-

tivement vers le haut et vers le bas, et en même temps à droite et à gauche. D'autre part, comme conséquence de ces trois sortes de mouvement, les images se déplacent sur la rétine, et non-seulement l'inclinaison mais aussi la grandeur des demi-images change, attendu que tantôt un œil et tantôt l'autre est plus éloigné de la tige. Et, en dépit de tout cela, nous reconnaissons la tige comme invariable de forme et de direction et comme fixée à sa place.

De tout ce qui vient d'être dit, je tire la conclusion que le mouvement de roue, même s'il était autre, et à la seule condition de rester constant, n'entraverait pas l'orientation. On peut même très bien concevoir que des déplacements apparents, dus au mouvement de roue, soient employés, sans qu'on en ait conscience, au profit de l'orientation.

Une seconde objection qui se présente à mon esprit, c'est que, pour la fin supposée par M. Helmholtz, je ne puis concevoir en action la cause génétique. Or c'est là une condition de rigueur : nous devons pouvoir introduire la notion de la fin dans l'effort plus ou moins conscient de l'individu, pour avoir le droit d'en expliquer la réalisation par la loi de l'exercice, et volontiers nous verrions encore donner en sus la preuve de fait de l'existence d'un pareil effort. Déjà la première loi m'offre quelque difficulté. Comment l'œil sera-t-il incité, quand le regard revient à son point de départ, à reprendre sa position première ? Si elle est reprise, l'objet, comme le dit M. Helmholtz, sera reconnu resté en repos. Mais *pourquoi* sera-t-elle reprise ? Voilà ce qu'on n'explique pas.

Moins satisfaisante encore, au point de vue génétique, est l'explication de la loi de Listing. Si le mouvement de roue est réellement perturbateur, la tendance à l'exclure entièrement, ou du moins à le compenser, se manifestera à chaque mouvement de l'œil. Mais quant à créer un type, impliquant la répartition la plus heureuse des perturbations et se faisant obéir sur toutes les trajectoires, je ne puis concevoir comment un effort, quel qu'il soit, pourrait y conduire. Et si l'aperception causale manque, l'explication peut-elle bien être considérée comme affranchie de cette téléologie réprouvée, qui se borne à invoquer une fin conjecturale ?

C'est au point de vue téléologique pur que se place M. Hering ¹⁾, relativement à cette question. Tout effet estimé favorable à la fonction visuelle est élevé par lui à la hauteur d'un principe, et il juge intéressant d'examiner comment ces principes peuvent être conçus unis de telle sorte que leurs collisions mutuelles inévitables soient réduites autant que possible. Il s'occupe en particulier de trois principes, „celui de *l'innervation la plus simple*, celui du *plus grand horoptère* et celui du *mouvement apparent évité*”, mais il en a encore beaucoup d'autres en vue.

Au principe *de l'innervation la plus simple* s'applique sans doute la même remarque qu'au principe *du moindre travail musculaire* de M. Fick, à savoir, qu'il est nécessaire dans tout mécanisme vivant; celui *du plus grand horoptère* concerne exclusivement la vision binoculaire et n'exige, limité à la vision de loin, aucune forme de mouvement déterminée, mais seulement l'égalité des mouvements des deux yeux; celui *du mouvement apparent évité* ne diffère de celui de M. Helmholtz qu'en ce qu'il laisse hors de considération la distribution la plus favorable du mouvement de roue dans le champ visuel: M. Hering se contente de constater „que le principe du mouvement apparent évité est suffisamment satisfait par la loi de Listing, en tout ce qui intéresse les besoins pratiques”. Nulle part il ne montre la moindre préoccupation d'une explication génétique.

L'idéal, dans une explication génétique, serait de suivre les mouvements, en corrélation avec le développement de l'organe visuel, à travers les différentes phases d'évolution du phyle. Cela, toutefois, est encore bien au-dessus de notre portée. Nous pouvons essayer seulement de nous former une idée générale de l'origine des mouvements, idée indépendante de toute considération de phase et applicable aussi bien à des formes antérieures qu'à un enfant de nos jours, même en supposant que celui-ci dût développer exclusivement par sa pratique personnelle la liaison entre la fonction optique et les mouvements oculaires. Une pareille idée générale

¹⁾ *Beiträge zur Physiologie*, p. 259. Leipzig 1861.

est possible, parce que dans nos spéculations il est permis de faire entièrement abstraction de la forme des organes moteurs, pour s'attacher aux seuls mouvements; car les mouvements ont déterminé le développement des organes moteurs, conformément aux lois de l'exercice et de l'hérédité, et la forme de ces organes est par conséquent secondaire.

L'origine de ce qu'on a appelé la *substance visuelle*, nous la cherchons dans l'action photo-chimique des ondes lumineuses sur la matière vivante en voie d'organisation. Des mouvements — au début presque purement accidentels — de l'organe de la vision dans sa forme encore la plus simple, nous déduisons les signes locaux qui sont inhérents à la substance visuelle. Une fois développés, ces signes purent à leur tour faire valoir leur influence sur les mouvements. Maintenant encore, comme il sera exposé plus loin, nous voyons les mouvements, en particulier les mouvements binoculaires, dominés par les signes locaux, qui montrent beaucoup plus de fixité que l'action toujours très plastique des muscles. Nous pouvons admettre qu'une partie déterminée de l'organe, probablement la partie centrale, se trouvait dans des conditions qui la rendaient apte à devenir plus sensible que le reste. Imaginons maintenant que, dans l'état habituel d'équilibre, une impression particulière se fit sentir dans la partie périphérique: la tendance à tourner la partie centrale vers la portion correspondante du champ visuel, — tendance aujourd'hui encore propre à l'organe visuel, — ne pouvait manquer de se produire. Indubitablement cela eut lieu tantôt dans une direction, tantôt dans une autre, et chaque fois l'organe revenait ensuite à sa position première, la position de repos relatif. A l'origine, ce mouvement n'avait rien d'assuré. Le but n'était pas atteint directement, mais en tâtonnant et par des détours. La rotation autour de la ligne de regard, aussitôt qu'il put être question de celle-ci, n'aura pas fait défaut non plus. Mais aucun détour et aucune direction de rotation n'avaient la prédominance, et par suite la moyenne, à laquelle devait conduire l'exercice, était le chemin le plus court, avec exclusion de toute rotation autour de la ligne

de regard. On comprend aisément qu'avec la régularité du mouvement devait augmenter la précision des signes locaux, et que celle-ci réciproquement pouvait être favorable à la régularité du mouvement. Ainsi était trouvé le chemin de la position primaire a à la position secondaire b . Le premier fondement était posé pour la loi de Listing: dans le mouvement de la position primaire a à b , et vice-versa, rotation de la ligne de regard autour d'un axe déterminé, sans rotation autour de la ligne elle-même. Pour achever alors de réaliser cette loi avec toutes ses conséquences, il ne fallait plus que la loi de D.: comment l'origine en doit-elle être conçue?

Nous avons supposé que l'œil passait de la position primaire a à la position secondaire b , pour revenir ensuite constamment en a , position de repos relatif. La tendance à en agir ainsi se laisse encore constater clairement. Cela a pu arriver un nombre incalculable de fois. Occasionnellement, toutefois, la circonstance a dû se présenter que, l'œil étant fixé sur β , l'impression d'un autre point périphérique β' ait attiré l'attention. Ce point pouvait être atteint en retournant de b en a et dirigeant alors de a l'œil sur β' . Initialement, c'est ainsi que les choses se seront passées. Mais, β' étant vu de a et reconnu quant à sa situation, il devait en résulter une comparaison avec l'impression de β' reçue de la position b . Dès lors, la tendance à arriver directement de b en b' ne pouvait tarder à se manifester. Bien des voies étaient ouvertes pour obtenir ce résultat. Sera-ce maintenant aussi, comme de a en b , la voie directe qui sera trouvée? Cette voie, ce serait la rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan dans lequel sont situées les lignes de fixation dirigées sur β et sur β' , — rotation comme si la direction b était la position primaire. Cette voie ne pouvait être trouvée. L'innervation, qui est déterminante pour une direction donnée, devait faire valoir ses droits. Par expérience était connue l'innervation sous l'action de laquelle l'œil est amené de a en b' . Pour arriver de b en b' , c'était *absolument* la même innervation qui était exigée. Du moment que cette condition était exactement remplie, l'œil avait pris sous tous les rapports la

même position que s'il eût été dirigé de α sur β' : ainsi se trouvait réalisée la loi de D. Cela impliquait, en outre, que dans le passage de b en b' l'œil avait tourné autour d'un axe faisant décrire à la ligne de regard un cercle de direction: les conséquences de la loi de Listing étaient satisfaites.

Du reste, si même on admet que, partant de β , β' ait été trouvé par tâtonnement, au lieu d'être déterminé par le sentiment intime de l'innervation nécessaire, et que par suite la position ne réponde pas exactement à la loi de D., — l'innervation voulue n'en aurait pas moins produit son effet au moment où l'on se proposait d'entreprendre le retour de b' en a , ce qui devait généralement avoir lieu. C'est comme si, enfonçant un clou à coups de marteau, et ayant d'abord frappé verticalement, on était ensuite conduit à porter le bras obliquement en haut, pour de là seulement atteindre le point de départ ordinaire: ce qui pourrait alors manquer à la position serait corrigé par l'idée du coup à frapper, et, après un exercice suffisant le long de ce chemin double, on arriverait sans doute d'emblée à la position correcte. Il en serait de même de l'œil, passant de b en b' .

Je crois avoir ainsi rendu suffisamment compte de l'origine de la loi de Listing, et en même temps de toutes ses conséquences, qu'on pourrait être tenté d'élever au rang de facteurs génétiques ou téléologiques.

Avec la première base de la loi de Listing, à savoir, le passage de a en b sans mouvement de roue, était acquise aussi la notion de la ligne droite, comme la plus courte distance entre deux points. Avec le mouvement de b en b' , suivant la même loi, mouvement où la ligne de regard décrit un cercle de direction, l'idée de ligne droite fut associée aussi aux cercles de direction. Le mouvement se fait par rotation autour d'un axe fixe, de sorte que le cercle de direction, tout comme la ligne droite, peut glisser sur lui-même; il se fait en outre sous l'influence d'une innervation constante, innervation absolument la même que celle par laquelle la ligne de regard, allant de a en b' , décrit une ligne droite: en voilà certes assez pour donner naissance à l'association susdite.

Nous comprenons maintenant aussi, ce que nous a appris le cycloscope, que le déplacement du regard le long de la ligne de direction doit encore contribuer à produire l'impression d'une ligne droite dans le champ visuel. Pour le déplacement le long d'une ligne tendue, c'est tout l'opposé. Fixée à la périphérie du champ de regard, elle paraît droite; mais si on la suit du regard (nous supposons qu'elle ne soit pas située dans un méridien), mouvement pendant lequel l'axe de rotation change à chaque instant et où la trace rétinienne ne peut par conséquent pas glisser sur elle-même, on la voit courbe. Il en est encore de même lorsque le regard est maintenu sur le point de fixation principal: à la périphérie du champ visuel, une ligne tendue, en dehors de la direction des méridiens, est alors, en cas d'abstraction suffisante, vue courbe, tandis qu'un cercle de direction est perçu comme ligne droite.

Ces perceptions se sont développées en corrélation avec la loi de Listing.

Dans ce qui précède, j'ai exposé aussi clairement que possible la loi de Listing et tâché d'en expliquer l'origine.

Cette loi est-elle maintenant vraie au sens tout à fait rigoureux? Il n'est pas même permis de le supposer. Nous construisons des appareils d'après un principe mathématique, et tout écart de ce principe est alors une imperfection, que nous cherchons à éviter. Mais les appareils vivants, qui n'ont pas été construits, mais qui se sont formés sous l'action continue de l'accommodation, se jouent des principes mathématiques et trouvent précisément leur perfection dans des déviations apparentes, qui, à raison de leur liaison avec les facteurs génétiques, méritent notre attention spéciale.

Quant aux mouvements avec convergence, pour ne pas parler des deux formes de torsion, il ne peut même, comme on le verra plus loin, y être question de la loi de Listing. Mais les mouvements avec parallélisme des lignes de fixation ne lui obéissent pas non plus tout à fait exactement. Si l'écart est ici minime, il est très cardinal, car il touche à l'essence de la loi: cette loi exclut toute rotation autour de la ligne de regard, dans le cas d'un mouvement

partant de la position primaire ou passant par cette position; or, en fait, le simple mouvement d'élévation ou d'abaissement du plan de fixation est accompagné de rotation autour de la ligne de regard. Ce fait n'est rien moins que la négation de la loi. Si par l'emploi de la méthode des images consécutives cette torsion peut rester cachée, elle se manifeste immédiatement quand on fait usage de celle des demi-images, qui est plus délicate et — tout aussi satisfaisante, lorsqu'on n'a pas à déterminer la position absolue, mais seulement la position relative des méridiens correspondants des deux yeux.

Qu'on fixe des deux yeux une ligne horizontale éloignée, par exemple le croisillon d'une fenêtre, vu sur le fond du ciel, et qu'on place devant un œil un prisme faible, l'arête en haut: le croisillon apparaît alors en deux demi-images, l'une au-dessus de l'autre, qui sont sensiblement parallèles; mais elles perdent leur parallélisme si la tête est fortement penchée en avant ou en arrière et que, par conséquent, le plan de fixation soit forcé de s'élever ou de s'abaisser. Lors du relèvement, les demi-images de l'œil droit et de l'œil gauche montent chacune du côté correspondant; lors de l'abaissement, c'est l'inverse. Ce changement de direction est le résultat d'une torsion symétrique: celle qui accompagne le relèvement du plan de regard, et qui se fait en un sens tel que les horizons s'abaissent au côté externe, nous l'appelons torsion *positive*; la torsion contraire, liée à l'abaissement du plan de regard, est dite *negative*.

Pour l'étude exacte de ces torsions, nous avons recours à l'Isoscope (N^o 46; voir aussi: *Onderzoekingen*, 3^e sér.; t. VIII). Cet instrument sert en premier lieu à mesurer les angles H et V des méridiens horizontaux et verticaux apparents. Les images rétinienne d'une ligne horizontale sont situées dans les méridiens horizontaux *réels*. Si elles ne se projettent pas dans la même direction horizontale, les images rétinienne qui se projettent bien ainsi sont situées dans d'autres méridiens, et ceux-ci sont alors les méridiens horizontaux *apparents*. L'angle H qu'ils forment est trouvé en mesurant l'angle de lignes qui, vues par les yeux respec-

tifs, sont tenues pour avoir une direction semblable et horizontale.

L'angle V des méridiens verticaux apparents est plus grand que H . Pour le voir, on n'a pas besoin de prisme. Il suffit de fixer le ciel dans la direction d'une verge mince verticale, qui alors se montre en deux demi-images, divergeant vers le haut. Ces demi-images sont croisées, car si on ferme l'œil droit c'est la demi-image gauche qui disparaît, et réciproquement (convergence insuffisante). La demi-image de l'œil droit penche donc à gauche, celle de l'œil gauche à droite; les méridiens verticaux apparents, au contraire, penchent, pour chaque œil, du côté homonyme: l'angle V est constamment positif. Comme il est toujours plus grand que H , ces deux écarts ne peuvent jamais être annulés simultanément par un mouvement de torsion; jamais, par conséquent, tous les méridiens de même direction des deux yeux ne peuvent avoir des points correspondants: c'est en cela que consiste l'incongruence des rétines, découverte par Helmholtz.

L'Isoscope, avec lequel nous mesurons V et H , se compose de: *a.* Deux cadres carrés, qui, tournant autour des centres de leurs tringles verticales, peuvent prendre la forme de losanges. Dans ces cadres sont tendus deux (ou plus de deux) fils, parallèles aux tringles susdites et y restant parallèles nonobstant toute rotation. Une échelle graduée, avec vernier, permet de lire la position. Si les fils sont un peu plus écartés que les yeux, ils montrent, en cas de parallélisme des lignes de regard, deux demi-images proches l'une de l'autre, et qu'il suffit de rendre à l'œil verticales et parallèles, en faisant tourner les cadres, pour pouvoir lire l'angle V . *b.* Deux cadres tout semblables, mobiles autour des centres de leurs tringles horizontales, et servant à la détermination de H .

A l'appareil des cadres est adapté un serre-tête, avec embouchure placée de telle sorte que, en la tenant entre les dents, on se trouve dans la position primaire, et qu'en outre la ligne de base des yeux coïncide avec un axe, autour duquel peut tourner, porté par deux bras, l'appareil des cadres (principe de Hering). En suivant alors le cadre des yeux, le plan de fixation se relevant ou s'abaissant, on peut déterminer l'influence du changement de direction sur V et H .

Il a été reconnu de cette manière, que la torsion est à peine appréciable dans la partie du champ de regard habituellement employée, et que seulement aux limites de ce champ elle prend une valeur relativement assez forte. Il n'en importe pas moins de nous enquerir de son origine, car ce sont précisément les petites déviations qui dévoilent souvent les causes efficientes. A tort on a cherché une explication dans le jeu des muscles, lesquels, en relevant le plan de regard, produiraient concurremment une torsion; on oubliait que c'est l'innervation, volontaire, réflexe ou automatique, qui a fait devenir les muscles tels qu'ils sont, et que par conséquent, pour expliquer la torsion, il faudrait rendre compte de l'innervation. Il m'est impossible de la rattacher au développement des lois de D. et de Listing. Serait-ce dans la convergence qu'il faudrait en chercher l'origine?

II. CONVERGENCE.

Il y a convergence lorsque les lignes de fixation se rencontrent en un point qui ne se trouve pas à une distance infinie, qui peut se rapprocher jusqu'à quelques centimètres des yeux. Si le point est situé dans le plan médian, la convergence est symétrique; s'il est en dehors de ce plan, elle est asymétrique. Le plan de fixation, en cas de convergence, peut avoir une position quelconque, mais ordinairement il est dirigé vers le bas, et cela en vertu d'une tendance déterminée, qui a dû se développer spontanément, parce que les objets rapprochés sont en général situés plus bas que les yeux, et que l'inclinaison de la tête ne compense cette situation qu'en partie.

Pour la vue de loin, avec lignes de fixation parallèles, la vision binoculaire est une condition assez indifférente. Elle n'acquiert une grande importance que pour la vue de près, avec lignes de regard convergentes, cas où les images perspectives formées sur les deux rétines diffèrent et se combinent en une image stéréoscopique. Il ne peut plus être question ici de la loi de Listing. Les mouvements sont dominés par les exigences de

la vision binoculaire, et c'est aussi dans celles-ci que nous trouverons la raison d'être de l'incongruence des rétines.

Pour une même direction de la ligne de regard, l'œil a, sous l'influence de la convergence, une autre position; il est facile de s'en convaincre par une expérience très simple. Tenons une ligne horizontale, longue d'au moins 60 mm., à 25 cm. au plus des



yeux, et considérons-la avec lignes de fixation parallèles: les demi-images de l'œil droit et de l'œil gauche ont alors la même direction et forment, reliées l'une à l'autre, une ligne continue de longueur double. Rien ne change à cet égard, quand, faisant mouvoir les yeux à gauche et à droite, on dirige alternativement l'œil droit sur *a* et l'œil gauche sur *a'*. Mais si l'on regarde par convergence, de manière que *simultanément* l'œil droit soit dirigé sur *a* et l'œil gauche sur *a'*, les demi-images cessent d'être parallèles, et forment en se joignant une ligne brisée, à sommet tourné vers le haut. La convergence dans le plan horizontal s'accompagne donc de torsion (toujours *positive*), phénomène qui ne se produit pas lors du mouvement avec lignes de fixation parallèles, dans ce même plan.

A l'aide des images consécutives on peut également se convaincre de la torsion qu'entraîne la convergence (Volkman et Welcker, Hering). Les deux yeux étant ouverts, mais l'un couvert par un petit écran, on fixe dans la position primaire, sur un ruban vertical, un point marqué, derrière lequel la paroi grise porte également une marque (sur une ligne verticale mince); puis, le ruban ayant été enlevé vivement, on continue à fixer cette marque: si cela a lieu sans que la direction des lignes de regard change, l'image consécutive se montre verticale (en coïncidence avec la ligne verticale), comme l'était le ruban; mais si cela se fait avec convergence, par une rotation volontaire de la ligne de regard derrière l'écran, l'image consécutive s'écarte distinctement, au moins chez moi, de la position verticale. — Cette expérience demande un peu d'exercice. La suivante offre peut-être moins de

difficulté. Aux deux côtés d'un ruban coloré vertical se trouve une ligne verticale noire. On fixe, de nouveau dans la position primaire, un point marqué du ruban, puis, le ruban enlevé, on fait converger assez fortement les lignes de regard, dans le plan horizontal, pour qu'elles se fixent par entre-croisement sur les deux lignes verticales: ces lignes s'entre-croisent alors dans le point de fixation primitif, et l'image consécutive colorée apparaît simple entre les lignes noires divergentes, formant ainsi un angle avec les images des lignes verticales, tant avec celle de l'œil droit qu'avec celle de l'œil gauche. Il est facile de voir que l'entre-croisement des lignes, au point fixé, suffit à lui seul pour prouver, d'après la méthode des demi-images, le changement de direction des méridiens; mais j'ai voulu réunir dans une seule et même expérience les deux méthodes, parce que M. Bloemert Schuurman (de même que M. Hamer) avait très bien pu observer les déviations dues à la convergence par la méthode des demi-images, mais non par celle des images consécutives, et avait cru en conséquence devoir contester à la première toute force démonstrative ¹⁾. Les résultats obtenus par ces deux observateurs ne prouvaient toutefois qu'une chose: c'est que, sous le rapport de la délicatesse, la méthode des images consécutives doit céder le pas à celle des demi-images.

Ainsi que je l'ai fait remarquer, le mouvement de torsion par convergence est constamment positif, mais, quant au degré, il offre de grandes différences chez des individus différents. M. Helmholtz n'a obtenu pour une convergence à 21 cm. que 0°,17, M. Volkman à 30 cm. déjà 1° sur chaque œil. M. Hering ²⁾ a trouvé pour une convergence de 20° sur 60° une torsion de 3°26', et, d'après son calcul, M. Meissner avait pour 41° de convergence une torsion de 2°17', M. von Recklinghausen pour une convergence de 21° sur 46° une torsion de 1°40'. M. Dastich seul, à

¹⁾ *Vergelijkend onderzoek der bewegingen van het oog bij emmetropie en ametropie*, Utrecht, 1863.

²⁾ *Die Lehre vom binocularen Sehen*, 1868, p. 92 et suiv.

ce que nous apprend M. Helmholtz, n'avait pu constater absolument aucune influence. Mes recherches ont fait reconnaître, sans exception, une rotation *positive*, très faible chez quelques-uns, tels que MM. Van Moll, Engelmann et Küster, mais allant chez moi jusqu'à 5', et ayant chez vingt autres, pour une convergence facile à atteindre, une valeur de 0°,6 à 2°,75, en moyenne de 1°,8, sans distinction entre myopes et emmétropes (voir appendice I), — le tout pour la torsion d'un seul œil.

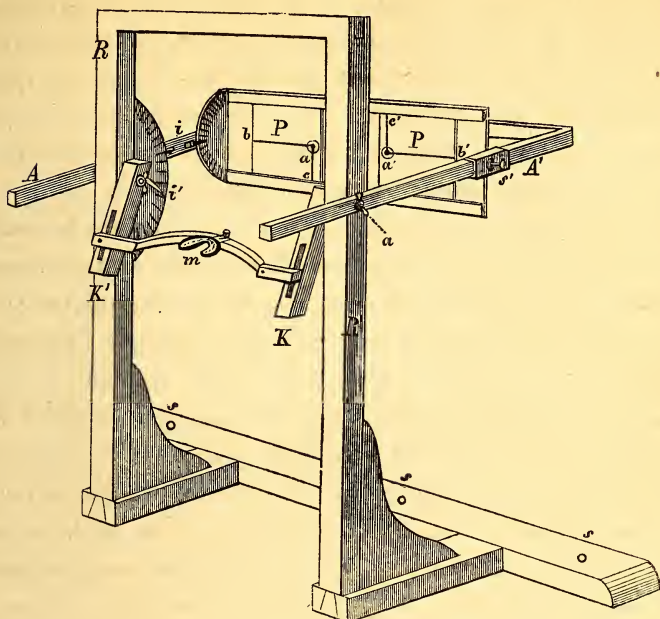
Cette influence de la convergence a été traitée de simple écart de la loi de Listing. Mais ceci n'en éclaire aucunement la signification. Au lieu de parler ici d'écarts, nous devons nous efforcer de découvrir les lois propres qui régissent le mouvement convergent.

Puisque, dans la position primaire, les lignes de regard parallèles se meuvent dans le plan horizontal sans torsion, c'est-à-dire se meuvent autour de l'axe vertical, la question est de savoir si, pour les mouvements de convergence, il n'y aurait pas une inclinaison du plan de regard telle, que ces mouvements s'y exécutent également autour d'un axe perpendiculaire à ce plan.

Pour mes propres yeux, j'ai examiné cette question attentivement. L'angle H de mes méridiens horizontaux apparents est relativement grand (le matin en moyenne 0°,7), et ils ne deviennent parallèles que lorsque le plan de fixation s'abaisse de 45 à 50°. Si je converge avec cette inclinaison, il se produit une torsion négative. Mais si je donne au plan de regard une inclinaison d'environ 38°, les susdits méridiens sont et restent, dans de larges limites de convergence, sensiblement parallèles. Cette inclinaison peut donc être envisagée comme *position primaire* pour la convergence symétrique, en tant que, avec cette inclinaison, les demi-images d'une ligne horizontale glissent parallèlement l'une sur l'autre lorsque la convergence croît ou décroît. Pour les déterminations exactes, on peut se servir de l'Isoscope, ci-dessus décrit. Mais on atteint tout aussi bien son but, — et même, comme on le verra, un second en sus, — avec un instrument plus simple, qui peut être nommé Horoptéroscope (fig. 1).

Il se compose d'une tablette en bois rectangulaire PP, longue

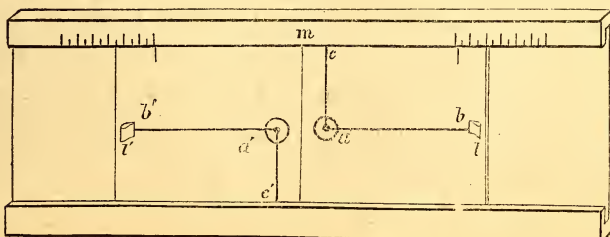
Fig. 1.



de 38 cm. et haute de 14 cm., mobile le long de deux bras AA', sur lesquels on peut lire la distance de la tablette aux yeux, et qui tournent autour de l'axe a . La tête est fixée par l'embouchure m , dont la chape tourne, au moyen des deux bras courts KK', autour du même axe a ; la chape et l'embouchure se placent de telle sorte que la tête prenne rigoureusement la position primaire P et que l'axe a coïncide avec la ligne de base des yeux.

Le cadre RR', sur lequel les bras tournent, est fixé par des

Fig. 2.



vis *s s s* sur une table. — Sur la tablette de bois sont appliquées, mobiles dans des coulisses, deux feuilles de carton, qui peuvent se joindre sur la ligne médiane *m* (voir fig. 2), et qui portent respectivement les lignes horizontales *ab* et *a'b'* et les lignes verticales *ac* et *a'c'*. En tirant les cordons *l* et *l'*, on éloigne les deux feuilles l'une de l'autre, et la division fait alors connaître l'écartement des deux points de fixation *a* et *a'*. — La tablette de bois est mobile autour d'un axe situé près de la vis *s'* et passant par les lignes horizontales *ab* et *a'b'*. En cas de position verticale, l'index *i* de la graduation qui est adaptée au côté gauche de la tablette, perpendiculairement à sa direction, marque 0°. — L'index *i'*, sur la graduation fixée au cadre, marque l'inclinaison des bras *A* et *A'*, et par suite l'angle *s* que le plan de regard forme avec la position primaire horizontale, lorsqu'on fixe *a* et *a'*.

Les points *a* et *a'* peuvent être fixés avec ou sans entre-croisement. S'il n'y a pas d'entre-croisement, et que ces points soient à la même distance l'un de l'autre que les centres de rotation des yeux (environ 64 mm.), les lignes de fixation sont parallèles; s'il y a entre-croisement, le point de convergence se trouve à la demi-distance de la tablette de bois: tous les degrés de convergence peuvent être obtenus, en faisant glisser ou bien la planchette sur ses bras, ou bien les feuilles de carton sur la planchette. Lorsqu'on fixe *a* et *a'*, soit avec soit sans entre-croisement des lignes de regard, deux demi-images se raccordent en une ligne unique, et on peut donner au plan de regard une inclinaison telle, que ces demi-images forment ensemble une ligne droite. On trouve ainsi la *position primaire* pour le mouvement symétrique de convergence et de divergence. Je la distinguerai, sous le nom de *position primaire C*, de la position primaire pour les lignes de regard parallèles, laquelle peut alors être désignée comme position primaire *P*. Entre ces deux positions l'analogie n'est pas complète, en ce sens que, de la seconde, les lignes de regard parallèles se meuvent, sans mouvement de roue, dans tous les méridiens, tandis que, pour la première, les mouvements sont limités au plan de fixation.

Si le plan de fixation se relève au-dessus de la position primaire C, il se produit, comme le montre la direction des demi-images juxtaposées, une *torsion positive*; si le plan s'abaisse au-dessous, il y a *torsion négative*: — dans les deux cas, par conséquent, torsion dans le même sens que pour les lignes de regard parallèles. Plus la convergence est forte, plus la torsion augmente rapidement: aussi, avec de fortes convergences, l'inclinaison voulue peut-elle être obtenue d'une manière plus précise qu'avec des convergences faibles.

Chez toutes les personnes soumises à l'examen, j'ai trouvé, pour la position primaire C, le plan de regard dirigé plus bas que pour la position primaire P: désignons par s l'angle que ces plans forment entre eux. Chez quelques-uns il est petit, chez d'autres il est considérable; chez moi il s'élève à 40° (voir appendice 2).

La différence est en rapport avec la valeur de la torsion propre à la convergence dans la position primaire P, car cette torsion est naturellement d'autant plus grande que l'angle s est plus grand, c'est-à-dire, que P est plus élevé au-dessus de C. Chez M. Volkmann s aura donc été assez grand, chez M. Helmholtz très petit, et chez M. Dastich égal à 0° . Un cas de ce genre (M. Grossmann) s'est aussi présenté à moi. Chez la plupart des individus, s est de 20° à 30° , et constamment, comme je l'ai déjà dit, dans le même sens.

J'ai parlé d'un second but, qui se laisse atteindre au moyen de l'horoptéroscope. A cela servent les deux lignes verticales ac et $a'c'$ tracées sur la tablette de bois, l'une vers le haut, l'autre vers le bas (voir fig. 1 et 2). Lorsque, dans l'expérience, les traits horizontaux s'unissent en une ligne droite, les demi-images des traits verticaux nous montrent l'incongruence des rétines: elles s'unissent, la tablette de bois étant verticale (i sur 0°), en une ligne brisée. Si alors on fait basculer la tablette sur son axe, tandis que les lignes de regard sont parallèles et par conséquent dirigées perpendiculairement à l'axe, la ligne des demi-images reste brisée. Mais si les lignes de regard convergent sous un angle sur cet axe, la ligne brisée devient une ligne droite quand la tablette incline en arrière, en d'autres termes, les méridiens verti-

caux apparents se coupent dans le plan incliné. Le mouvement de bascule doit avoir d'autant plus d'amplitude que l'incongruence est plus grande, d'autant moins que la convergence est plus forte. Sur le plan de la tablette on voit alors la ligne horizontale et la ligne verticale se croiser à angles droits, et les demi-images d'autres lignes, qui partent de a et a' sous des angles égaux, respectivement vers le haut et vers le bas, apparaissent également comme des lignes droites. Nous avons donc trouvé un plan qui peut être appelé plan horoptérique, quoique, au sens mathématique rigoureux, il ne mérite pas ce nom. L'angle s reste le même quelle que soit la convergence; l'angle de bascule α diminue à mesure que la convergence est plus forte. Cette diminution est accusée par l'expérience; mais l'angle α se laisse aussi calculer pour toutes les convergences, l'incongruence étant donnée, suivant la formule

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} m}{\sin c},$$

où m est le demi-angle d'incongruence $\frac{1}{2}(V-H)$, et c le demi-angle de convergence.

Par l'observation j'ai trouvé, pour des convergences à 1000, 500, 250 et 125 mm., environ $\alpha = 37^\circ$, 18° , 12° et 5° , ce qui concorde assez bien avec les résultats du calcul, en prenant pour base une incongruence de 2,5 (voir appendice 2).

Ce plan dit horoptérique a une grande importance. Lors de l'observation, le point de convergence se trouve entre les yeux et la tablette; mais, après l'observation, on peut rapprocher la tablette jusqu'au point de convergence, et fixer ainsi directement des deux yeux les divers points de ce plan. A l'aide d'un prisme faible, on se convainc alors que, dans le cas de convergence symétrique sous l'angle s , les demi-images de lignes tracées dans différentes directions sur ce plan par le point de fixation se recouvrent, et que le point de fixation peut se déplacer sur ce plan entre certaines limites, sans apporter dans cette superposition un trouble appréciable. Le déplacement latéral, il est vrai, occasionne,

comme nous l'apprennent les images consécutives, un mouvement de roue (dans le même sens que celui qui en cas de parallélisme des lignes de fixation accompagne le déplacement latéral du plan de fixation abaissé); mais, comme ce mouvement est le même pour les deux yeux, le plan ne s'écarte pas beaucoup de l'horoptère.

On peut aussi placer sur la tablette une feuille imprimée, et on trouve alors que celle-ci se laisse lire très facilement. La pose devient encore plus naturelle si, au moyen de la chape, dont l'axe coïncide avec la ligne de base oculaire, on incline la tête de quelques degrés en avant, en laissant le plan de regard s'abaisser d'autant. C'est effectivement cette attitude que nous choisissons de préférence pour lire et écrire dans les circonstances ordinaires. Les demi-images de la ligne que nous lisons trouvent de cette manière leur horoptère dans les horizons rétiniens parallèles, et pendant que les lignes de regard, par rotation autour d'un axe invariable (et avec innervation persistante des mêmes muscles), s'avancent sur la ligne imprimée, les mots voisins sont déjà vus indirectement avec autant de netteté que possible, et le passage régulier à la ligne suivante est assuré. La plupart des personnes remarqueront, en outre, que, lorsque la convergence augmente, elles font involontairement basculer la feuille de façon à en diminuer l'obliquité sur le plan de fixation, ce qui prouve déjà la tendance à amener aussi l'étendue verticale de la feuille autant que possible dans l'horoptère. Si elles tiennent la feuille à la main, elles relèvent en même temps la tête, sans changer l'inclinaison relative du plan de fixation; si le livre est posé sur un plan incliné, elles penchent la tête, mais toujours elles atteignent ce résultat, que le plan de fixation se rapproche davantage de la position perpendiculaire à la feuille. La conservation de l'horoptère est encore favorisée par la circonstance que les mouvements des yeux sont assez bornés, et ceux de la tête relativement étendus. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à tenir une baguette, un crayon par exemple, entre les dents, de manière à fixer d'un seul œil, en rasant la pointe du crayon, une lettre au milieu de la feuille: si alors on porte la vue vers le commencement ou la fin de la ligne, ou vers

le haut ou le bas de la page, le crayon reste en arrière de la ligne de fixation, mais seulement un peu: ce peu représente le mouvement des yeux ¹⁾). En essayant de lire avec des mouvements étendus de la ligne de fixation, sous une inclinaison inaccoutumée, et surtout si les lignes d'impression ont une direction oblique, non compensée par la position de la tête, on s'assurera facilement que dans ces circonstances la lecture rencontre des difficultés, tant à cause de la non-correspondance des demi-images, que par suite de la rotation continuelle autour d'axes instantanés, à laquelle les yeux sont astreints.

Nous avons maintenant à chercher sous quelles conditions le type du mouvement de la convergence s'est développé.

En premier lieu, il s'agit d'expliquer l'origine de la convergence elle-même et de la position primaire C. qui s'y rapporte.

La vision par convergence suppose la vision binoculaire. Pour la vision binoculaire la première condition est celle-ci: que certains points privilégiés des deux rétines (dans nos yeux les *fossettes centrales*) reçoivent des images des mêmes objets. Cela exige une relation déterminée entre la position des deux yeux. Chez l'enfant nouveau-né, cette relation est déjà donnée à peu près avec l'innervation concordante des muscles, et elle se maintient dans les mouvements oculaires parallèles qu'on observe peu de temps après la naissance, sous l'influence d'innervations communes aux deux yeux. Or nous savons avec quelle force se manifeste plus tard la propension à accommoder les mouvements à cette première condition de la vision binoculaire (entre autres, dans les expériences avec des prismes). Nous en concluons qu'une certaine tendance à pareille accommodation était aussi déjà innée, et cette tendance dut conduire, pour des muscles normaux, à déterminer encore plus *strictement*

¹⁾ De concert avec M. Ritzmann, j'ai construit un instrument qui permet de déterminer la part des mouvements de la tête et des yeux dans le changement de direction de la ligne de regard, Voir *Archiv für Ophthalmologie*, t. XXI, pag. 131, et *Onderzoekingen*, t. IV.

et plus *exactement* la direction nécessaire des lignes de fixation.

Si nous essayons de pénétrer plus avant dans la question, nous sommes arrêtés par l'imperfection de nos connaissances en ce qui touche la vision binoculaire chez les différentes classes d'animaux. Nous savons qu'avec la possession de deux yeux la vision binoculaire n'est pas encore donnée, que, là où elle existe, les points privilégiés peuvent avoir une situation assez excentrique, et que chez quelques oiseaux on trouve deux paires de points privilégiés, les uns plus centraux pour la vision particulière à chaque œil, les autres plus excentriques pour la vision binoculaire (Henri Müller). Mais quant aux formes de passage entre la vision monoculaire double et la vision binoculaire, nous sommes dans une ignorance presque complète ¹⁾. Chez l'homme, nous rencontrons ce fait remarquable que, lorsque par le strabisme divergent la vision binoculaire est supprimée, les deux rétines peuvent acquérir une indépendance absolue, de sorte que chaque œil a son champ visuel propre, où, dans toutes les positions, il est complètement orienté. Ce fait conduit à supposer que, réciproquement, la vision binoculaire est une forme secondaire, née de la vision monoculaire double. La lutte des deux yeux, qui se fait encore sentir si distinctement dans la vision binoculaire, semble aussi plaider en faveur de cette hypothèse. La vision binoculaire pourrait alors commencer par l'apparition d'une seconde paire de points privilégiés, qui insensiblement se rapprocheraient de ceux servant à la vision monoculaire double, pour se confondre finalement avec eux. Mais, je m'arrête, ne voulant pas m'engager davantage dans la voie spéculative, tant que nos connaissances anatomiques et physiologiques sont encore si défectueuses sur ce point. Quoi qu'il en soit, les points privilégiés de la vision binoculaire ont dû, pour une position donnée des organes visuels, se développer en corrélation avec la situation

¹⁾ Dans son ouvrage classique: *Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes*, Leipzig 1826, p. 142, Joh. Mueller a publié un tableau comparatif très intéressant, sur les différences dans la divergence des yeux (ou plutôt des axes des orbites) chez les mammifères.

d'images rétiniennes semblables, et la tendance à recevoir toujours sur ces points des images correspondantes a dû assujettir les mouvements aux exigences de la vision binoculaire. Par rapport aux objets éloignés, les lignes de fixation pouvaient être parallèles, et c'est ainsi que se développa la coordination des mouvements oculaires parallèles. Mais, en passant des objets éloignés aux objets rapprochés, les lignes de regard devaient converger, et le développement du second type, celui des mouvements symétriques de convergence et de divergence, en fut le résultat. Surtout lorsqu'un objet se rapprochait ou s'éloignait lentement, la tendance à faire converger ou diverger les lignes de regard devait être éveillée d'une manière très graduelle. Et ici, comme partout ailleurs, l'effort exerça une action créatrice sur l'innervation et sur le tissu contractile.

Les objets rapprochés en général, — et notamment les parties de notre corps, les bras et les mains, qui, conjointement avec les objets palpés, jouent évidemment le rôle principal dans l'acte de déterminer le plan de fixation, — sont situés plus bas que les yeux. Si donc, ici comme partout, le mouvement se partagea entre la tête et les lignes de fixation, le plan de fixation dut s'abaisser et le type de la convergence se développer en rapport avec la position inclinée de ce plan.

Autour de quel axe tourneront maintenant les yeux, lorsque, par suite du rapprochement ou de l'éloignement des mains et des objets, les convergences augmenteront ou diminueront? Si nous supposons que, par le mouvement avec lignes de regard parallèles, les points correspondants des horizons rétiniens s'étaient déjà formés, ceux-ci purent régir en quelque sorte dès leur début les mouvements symétriques de convergence et de divergence, et la tendance à faire correspondre à ces horizons des demi-images semblables et à faire glisser sur elles-mêmes pendant le mouvement les lignes horizontales, dut avoir pour effet la rotation autour d'un axe perpendiculaire aux méridiens horizontaux, c'est-à-dire, perpendiculaire au plan de fixation. Mais il est probable que dès l'origine de la vision binoculaire la convergence commença à se développer, et alors nous avons de nouveau à nous représenter

l'organe cherchant la voie la plus simple, et à nous enquérir, comme ci-dessus (p. 417), de la moyenne de tous les détours, laquelle moyenne ne pourra encore être autre chose que la rotation autour de ce même axe, dont nous venons de parler. Ce qui vient à l'appui de cette seconde interprétation, c'est la circonstance que, pour la plupart des yeux, les horizons ne correspondent parfaitement que lors d'un certain abaissement du plan de fixation. Il faut considérer, en outre, que la convergence et la divergence ont lieu exclusivement dans le plan de fixation, et que les horizons rétiniens sont sensiblement situés dans ce plan, non-seulement pour la position primaire C, mais pour toutes les inclinaisons du plan de regard, — celles-là seules exceptées, avec lesquelles la convergence et la divergence se présentent très rarement. Ce sont donc surtout les mouvements symétriques qui déterminent les signes locaux des horizons correspondants, et qui en outre font de la ligne horizontale, comme on le verra encore mieux plus loin, la vraie base de la vision stéréoscopique.

Par ce qui précède, je crois avoir rendu suffisamment compte de l'origine de la convergence elle-même et de la position primaire correspondante C, avec ses mouvements symétriques autour d'axes perpendiculaires au plan de fixation. L'existence de grandes différences individuelles, sous ce rapport, n'a pas de quoi nous étonner; car, sans nul doute, les conditions sous lesquelles s'est développée la position primaire C varient aussi beaucoup, tant dans la race que chez l'individu.

Nous avons commencé par montrer que dans la position primaire P les mouvements symétriques sont accompagnés de torsion, et réciproquement nous trouvons dans la position primaire C un mouvement de roue associé aux mouvements latéraux avec lignes de fixation parallèles. Il est donc évident que les mouvements symétriques dépendent d'une innervation particulière. Cela résulte aussi de ce que, dans l'état normal, nous ne pouvons pas, à beaucoup près, tourner aussi fortement vers le plan médian les deux lignes de regard convergentes, qu'il n'est possible de le faire pour chaque œil en particulier, avec lignes de regard parallèles.

Puis la faculté de convergence, ou ce que l'on nomme le pouvoir de fusion, est quelquefois altérée à un haut degré, sans que la rotation vers le plan médian, alternativement de l'un et de l'autre œil, ait en rien souffert. Enfin, une dernière preuve de la spécificité de l'innervation qui préside à la convergence, c'est qu'un effort de l'accommodation s'y trouve associé.

Nous nous représentons donc que cette innervation, quelle que soit la position des lignes de regard, s'ajoute d'une façon indépendante à l'innervation qui a produit cette position, et qu'elle entre chaque fois en jeu avec la tendance à voir de près. Or, on peut démontrer que l'action musculaire, qui en dépend, détermine lors du relèvement du plan de regard une torsion positive, et lors de l'abaissement de ce plan une torsion négative, torsions d'autant plus fortes que le plan de regard s'est écarté davantage de la position primaire C et que le degré de convergence est plus élevé ¹⁾. Le phénomène de la torsion paraît ainsi

¹⁾ Dans une occasion ultérieure, en traitant de l'action musculaire, j'espère mettre en pleine évidence l'assertion ci-dessus. Provisoirement je me bornerai aux considérations suivantes. Dans la position primaire P, le muscle droit interne fait tourner l'œil autour d'un axe perpendiculaire au plan de fixation. Dans la position primaire C, ce muscle seul ne peut plus mouvoir l'œil autour d'un pareil axe, car il a cessé de se trouver dans le plan de fixation et de plus il agit maintenant sous un certain angle sur la ligne de fixation, de sorte qu'il déterminerait, outre l'adduction, une rotation négative autour de la ligne de regard. Cette rotation n'existe pourtant pas quand les yeux convergent. Elle est donc compensée, et cette compensation n'est possible que par la contraction simultanée du muscle droit inférieur et du muscle oblique inférieur. Ces deux muscles sont situés avec leurs antagonistes dans un plan vertical, et chacun d'eux a une composante sur l'axe transversal et une sur l'axe visuel (*Onderz. Lab.*, t. III, p. 385). Les composantes sur l'axe transversal agissent en sens opposé (ont des demi-axes différents) et peuvent par conséquent se neutraliser. Les composantes sur l'axe visuel agissent dans le même sens, comme rotation positive, et elles neutralisent conjointement la rotation négative qui procède du muscle droit interne. Plus la convergence est forte et plus l'abaissement du plan de fixation est grand, plus il faut de compensation. Or il est clair que si, en cas de relèvement du plan de fixation, ce mouvement compensateur persiste au même degré, il acquerra la prépondérance, tandis qu'il deviendra insuffisant dans le cas où le plan de fixation continue à s'abaisser. Les torsions observées peuvent en être la conséquence.

motivé d'une manière satisfaisante. Ce n'est pas l'action musculaire, comme telle, — remarquons-le bien, — mais l'innervation dont elle dépend, qui est invoquée pour expliquer la torsion.

En étudiant plus haut les mouvements avec lignes de fixation parallèles, nous avons rencontré des torsions toutes semblables, dont l'origine a alors été laissée sans explication : serait-ce, ainsi terminions nous, dans la convergence qu'il faudrait en chercher la cause première ? Et effectivement : si, lorsqu'on regarde vers le haut et vers le bas, il existe une certaine tendance respective à la divergence et à la convergence, il faut, pour maintenir en ce cas les lignes de regard parallèles, que réciproquement les innervations de la convergence et de la divergence entrent en action. Il me semble qu'ainsi se trouve suffisamment élucidée l'origine de la torsion accompagnant les mouvements avec lignes de regard parallèles.

On pourrait demander, toutefois, pourquoi, dans la vision convergente, ne s'est pas produite la tendance à obtenir, quelle que soit la position du plan de regard, la rotation autour d'un axe perpendiculaire à ce plan ; la tendance, par conséquent, à maintenir parallèles, pour toutes les inclinaisons, les méridiens horizontaux apparents. Par exception, et dans une certaine mesure, ce parallélisme se maintient réellement (M. Helmholtz, M. Grossmann). Au reste, je crois qu'on peut faire à la question qui vient d'être posée la réponse suivante. Les mouvements symétriques étaient, comme nous l'avons vu, presque uniquement exigés lorsque le plan de fixation se trouvait abaissé. Entre cet abaissement et ces mouvements il dut donc se développer une association. Dès-lors, si la convergence se présentait avec une autre position du plan de regard, il y avait dans la convergence une indication auxiliaire de cette position et par conséquent de la situation de l'objet fixé ; il y avait en outre, subsidiairement, une admonition à donner à la tête ou à l'objet, ce qui est si facile lors de la vision de près, une autre position, sans que, cependant, il résultât de cette incongruence *passagère* un trouble quelconque de la vision. La tendance à éviter, pour toutes les positions du plan de regard, la torsion dans les mouvements symétriques, ne pouvait donc, certes, se faire sentir énergiquement.

Du reste, c'est un fait, ainsi que nous le verrons plus loin, que lorsqu'on continue *pendant quelque temps* à fixer par convergence des lignes horizontales en dehors de la position primaire C, la tendance à réunir les demi-images par un mouvement symétrique de torsion ne manque pas de se manifester.

Nous avons trouvé ci-dessus que, lorsque nous convergeons avec abaissement du plan de regard, le plan sur lequel nous voyons de préférence incline encore plus fortement en arrière. Nous avons reconnu, en outre, que cette inclinaison plus forte était liée à l'angle V—H, et nous avons indiqué comment, pour chaque convergence, l'inclinaison dépend de cet angle. Mais ne se pourrait-il pas que primitivement l'inclinaison choisie eût été la cause et V—H l'effet? Je crois qu'il en est réellement ainsi, et que c'est dans cette inclinaison qu'il faut chercher l'explication génétique du phénomène si mystérieux de l'incongruence. Une pareille inclinaison n'a pas été choisie parce que la vision binoculaire l'exigeait, mais elle était nécessaire pour prévenir le glissement et la chute des objets dont on s'occupait. Or, chaque fois que notre race exécutait ainsi quelque travail sur une surface approchant de l'horizontalité, sans que par une flexion suffisante de la tête le plan incliné des lignes de regard devînt perpendiculaire à cette surface, la tendance à revendiquer des points correspondants pour les demi-images fournissait la condition de la production de l'incongruence entre les méridiens horizontaux et verticaux. Quant à la réalité de cette tendance, elle ressort déjà de ce que l'incongruence, une fois établie, règle, même là où sans aucun travail manuel nous voulons voir de près, dans la lecture par exemple, le rapport entre la direction des lignes de regard et le plan sur lequel nous fixons la vue. — Pour le repos des bras, le plan en question était tout aussi désirable. Lorsque le peintre travaille sur une surface presque verticale, il cherche un appui pour son bras sur une baguette inclinée.

M. Helmholtz, on le sait, a cru trouver l'explication génétique de l'angle V dans la tendance à avoir pour horoptère le sol sur lequel on marche. Mais, suivant une remarque de M. Hering ¹⁾,

¹⁾ *Beiträge*, p. 348.

dont la justesse a été corroborée par les recherches de M. van Moll ¹⁾, ce n'est que très exceptionnellement que la valeur de l'angle V satisfait à peu près à cette condition. Je doute d'ailleurs que du sol foulé puisse procéder une forte incitation sur les méridiens correspondants. Immédiatement devant nos pieds, la situation est, par rapport à un plan de fixation presque parallèle, trop excentrique pour rendre sensible le défaut de coïncidence des demi-images, et à une certaine distance toute impression insolite nous avertit assez tôt, pour que nous ayons le temps de diriger le regard sur le point en question.

Près de nous, au contraire, à la portée de nos mains, nous devons pouvoir, tout en fixant un objet, en saisir un autre vu indirectement, et plus celui-ci est rapproché du plan horoptérique, plus est exacte, conformément à la loi de Fechner, l'estimation de la distance, qui est nécessaire pour exécuter ce mouvement de préhension. C'est pour l'inclinaison sous laquelle sont généralement situés les objets dont nous avons à nous occuper dans le voisinage, que l'horoptère a le plus d'importance. Pour la vision de loin, il suffit que les méridiens horizontaux apparents, dans lesquels les lignes de fixation se meuvent alors principalement, coïncident à peu près, et cela est effectivement réalisé: s'il reste encore un léger écart, la vue, en se portant sur l'horizon ou sur des lignes horizontales, le corrige par une torsion symétrique, ainsi que nous le verrons plus loin. L'angle des méridiens verticaux apparents n'occasionne ici aucun trouble. Lorsqu'on regarde au loin, en effet, il ne peut être question de vision stéréoscopique, et en particulier de la perception de l'inclinaison d'une ligne dressée dans le plan médian: l'angle constant V , sous lequel les demi-images de cette ligne se croisent au point de convergence, reste inaperçu et se résout dans la perception d'une direction moyenne. Il est vrai que les parties situées au-dessus et au-dessous du point de convergence seront vues, indirectement, avec un peu moins de précision; mais la vision précise de ces parties n'est pas un besoin réel.

Par cette doctrine je me place en opposition directe avec

¹⁾ *Onderz. Labor. Utrechtsche Hoogeschool*, 3^e Sér., t. III, p. 1; 1874.

M. Hering, dont les études sur l'horoptère mathématique m'inspirent d'ailleurs tout respect. M. Hering regarde l'horoptère comme „n'ayant une utilité spéciale que lorsque les yeux s'occupent d'objets éloignés,” mais comme de peu d'importance pour la vision de près, „parce que les objets extérieurs sont le plus souvent à trois dimensions, et ne pourraient donc, en tout cas, être situés que partiellement dans l'horoptère.” (*Beiträge*, pag. 262). Mais c'est précisément dans l'intérêt de la vision stéréoscopique, — M. Hering ne paraît pas s'en douter, — qu'il importe à un si haut degré que les objets, dont nous nous occupons, soient groupés au voisinage d'un plan horoptérique idéal. Si dans tout travail manuel nous visons à ce résultat, les conditions sous lesquelles ce travail a été exécuté sont aussi celles sous lesquelles s'est développée la correspondance des rétines. Jusqu'à quel point celle-ci est susceptible d'être modifiée par l'exercice individuel, c'est ce que je ne me hasarde pas à décider. Nous savons que chaque œil donne aux bras d'une croix, pour la voir rectangulaire, une direction en rapport avec l'incongruence entre les deux rétines, et que l'angle formé par les directions qui font paraître un des bras vertical à chaque œil en particulier, est en général assez rapproché de l'angle V. Il s'agit donc de savoir si, un œil ayant été perdu peu après la naissance ou à une époque postérieure, l'œil restant placera les lignes de la croix dans une position exactement perpendiculaire. Cette question, assurément importante, attend encore sa solution.

Les grandes différences individuelles de l'angle V peuvent, en tout cas, être expliquées par la diversité des conditions sous lesquelles, soit chez l'individu, soit dans la race, cet angle s'est développé.

L'appendice II montre que pour mes yeux l'inclinaison du plan de regard, exigée pour la position primaire C, n'est pas constante, mais diminue quand la convergence augmente. J'avais d'abord cru trouver dans cette circonstance une explication de la torsion, qui est liée en sens positif au relèvement du plan de regard, en sens négatif à l'abaissement. Un point situé à une plus grande élévation se trouve sur la surface horoptérique à une plus grande distance

des yeux; il est par conséquent vu avec une convergence moindre, qui implique aussi une torsion positive moindre, et celle-ci pourrait être compensée par une torsion positive associée au relèvement du plan de fixation. En effet, pareille compensation s'opère dans bien des cas, et cela en vertu de la tendance, qui se manifeste régulièrement, à faire coïncider les demi-images de lignes horizontales. Ne se pourrait-il donc pas, me demandais-je, que là fût la raison d'être de la torsion liée au relèvement du plan de fixation? Et s'il en est ainsi, continuais-je, dans le cas de convergence, y a-t-il lieu de s'étonner que la même association continue à se manifester dans le cas où les lignes de fixation sont parallèles?

L'explication semblait assez plausible. Mais elle dut être rejetée, au moins comme solution principale, lorsque j'eus reconnu que chez d'autres personnes on trouve, pour des degrés de convergence différents, à peu près la même position primaire C. L'innervation associée me fournit alors, comme on l'a vu ci-dessus, un principe d'explication d'une portée plus générale.

Je dois encore tâcher de rendre compte de l'exception que présentent mes yeux sous le rapport de la position primaire C. Elle me paraît liée à la valeur particulièrement forte de l'angle H, qui, en dehors de toute influence des lignes existant dans le champ visuel, s'élève chez moi en moyenne à $0^{\circ},8$ et peut atteindre 1° ou même plus. Le plan de fixation doit être abaissé d'environ 50° pour faire disparaître cet angle. En cas de convergence, nous cherchons aussi une inclinaison telle qu'il disparaisse, et, pour obtenir ce résultat, le plan de fixation devra donc toujours s'abaisser plus que, en l'absence de ce grand angle H, la position primaire C ne l'exigerait. Mais comme la torsion négative, pour un même abaissement au-dessous de la position primaire C, est d'autant plus forte que la convergence est plus forte, l'abaissement nécessaire pour la compensation deviendra de plus en plus petit, à mesure que la convergence augmentera. Ceci m'amène à conclure que, dégagée de l'influence du grand angle H, la position primaire C serait en réalité encore un peu plus élevée que je ne la trouve avec ma convergence la plus forte.

III. TORSION PARALLÈLE.

En 1858, M. Alexandre Hueck avança que, lorsqu'on incline la tête sur l'épaule, les deux yeux tournent, dans le sens opposé, autour des axes visuels: il alla jusqu'à prétendre que, pour une inclinaison de 25° à 27° , les méridiens verticaux conservent encore exactement, par suite de cette torsion, leur position verticale. Cette théorie trouva de nombreux partisans. Quelques-uns crurent aussi, de même que M. Hueck, avoir constaté cette torsion sur les vaisseaux de la conjonctive et sur l'iris. Mais, à l'épreuve de la méthode des images consécutives, la théorie ne put se soutenir. Je m'assurai qu'une image consécutive linéaire, attachée dans la position primaire au méridien vertical, suit docilement la moindre inclinaison de la tête, de sorte que, même pour une inclinaison d'une fraction de degré, ce méridien ne reste pas vertical. Cette expérience fut confirmée de toutes parts et la théorie de Hueck abandonnée.

Pourtant, 25 ans plus tard, on reconnut que M. Hueck avait eu raison en partie. L'astigmatisme, comme on sait, est neutralisé par des verres cylindriques, — pour une position déterminée de l'axe du cylindre. M. Javal, lui-même astigmatique, ayant penché, armé des lunettes neutralisantes, la tête de côté, trouva que la correction était devenue incomplète: il en conclut que l'œil, derrière le cylindre, devait avoir tourné autour de son axe. C'est effectivement ce qui a lieu. La rotation, toutefois, n'est qu'une petite fraction de l'inclinaison de la tête, environ $\frac{1}{5}$ pour les degrés faibles, à peine $\frac{1}{10}$ pour les degrés forts, — un peu différente chez des personnes différentes, — et elle pouvait donc rester aisément cachée dans l'expérience de l'image consécutive: celui qui fait cette expérience est en effet porté à croire que l'inclinaison de l'image consécutive est égale à celle de la tête. De différentes manières, toutefois, on peut se convaincre que l'image reste en arrière ¹⁾. Le petit appareil, ci-dessus décrit (p. 406), pour le contrôle des lois de Listing et de D., se laisse employer

¹⁾ Voir les expériences de Hemholtz, Skrebitsky, Nagel, Woinow, ainsi que Mulder, *l. c.*

à cet effet. En fixant d'abord la base de la bande colorée et quelques secondes plus tard le sommet, on voit l'image consécutive dans le prolongement de la bande. Mais si, après fixation, on penche la tête de côté, on voit l'image faire au sommet un angle avec la bande: la bande n'est donc plus située dans le méridien où elle se trouvait lorsqu'elle formait l'image dont on perçoit maintenant l'effet consécutif. — J'ai aussi indiqué un moyen de constater la torsion sur l'iris et sur les vaisseaux de la conjonctive. J'avais cru pouvoir attribuer le mouvement de torsion observé par M. Hueck au mouvement concomitant de la ligne de fixation. Pour exclure celui-ci, j'avais laissé l'œil observer lui-même dans un petit miroir serré entre les dents au moyen d'une embouchure, et, la direction de la ligne de regard ainsi maintenue constante par rapport à la tête, je n'avais pu découvrir aucune rotation de l'œil. En principe, la méthode était irréprochable, et elle a rendu plus tard, pour d'autres problèmes, de grands services; mais l'observation était en défaut sous le rapport de la précision: en regardant avec lignes de fixation parallèles, je ne pouvais accommoder pour la faible distance de l'image spéculaire, et quand je mettais un verre convexe devant l'œil le phénomène était encore moins visible. Au lieu d'un petit miroir ordinaire, je prends maintenant une lentille biconvexe étamée à la face postérieure (N^o. 38), et je constate ainsi sans peine que l'œil, tout en suivant en général l'inclinaison de la tête, éprouve pourtant aussi une petite torsion dans le sens opposé. Les torsions sont toujours égales pour les deux yeux et par conséquent réellement parallèles. Je m'en suis assuré en plaçant sur une embouchure deux tiges dressées (N^o. 39), à 70 mm. l'une de l'autre et respectivement parallèles aux deux méridiens verticaux apparents; elles présentent donc, vues avec lignes de fixation parallèles, des demi-images parallèles rapprochées, et — celles-ci restent parallèles, quels que soient les mouvements imprimés à la tête et au tronc.

Pour mesurer la torsion en fonction de l'inclinaison, la méthode la plus exacte est celle que M. Mulder a suivie dans mon laboratoire. L'instrument (N^o. 41) que j'ai construit en vue de ces

expériences, consiste en un fixe-tête tournant autour d'un axe horizontal perpendiculaire à la ligne de base oculaire (donc inclinaison sur l'épaule) et susceptible d'être rapidement et facilement arrêté par l'observateur dans toute position voulue. La tête étant ainsi assujettie, exactement dans la position primaire, l'œil fixe pendant environ 20 secondes une ligne lumineuse (composée de flammes de gaz), formant à distance le diamètre d'un grand disque; par un petit mouvement de la main, on réduit alors la lumière à un minimum, on tourne la tête dans son support, et par un second mouvement de la main on fixe de nouveau celui-ci, juste au moment où l'image consécutive coïncide avec un fil tendu suivant un diamètre connu du disque: la différence entre l'inclinaison de ce diamètre et celle de la tête, toutes deux mesurées avec précision, constitue la torsion. Elle se produit aussi bien en cas de convergence qu'en cas de parallélisme des lignes de fixation.

Je dois encore ajouter, — remarque déjà faite par M. Breuer, — qu'à la suite d'une inclinaison rapide la torsion dépasse d'abord un peu le point ordinaire, mais pour y revenir en moins d'une seconde.

Si nous cherchons l'explication des mouvements de torsion parallèles, la première question qui se présente est celle-ci: connaissons-nous d'autres mouvements, qui se produisent dans des conditions analogues?

M. Nagel a trouvé que, lorsqu'on est couché sur le dos, la rotation autour de l'axe vertical engendre une torsion; mais, bien analysée, cette torsion se reconnaît pour une conséquence directe de celle dont nous venons de parler.

Réellement analogue à cette dernière, mais pourtant différente, est en premier lieu la torsion qui se produit lorsque, la face étant tournée horizontalement vers le bas, on fait mouvoir la tête à droite et à gauche dans le plan horizontal. Cette torsion a été étudiée par M. Breuer ¹⁾. Il disposait l'expérience de manière

¹⁾ *Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes*, dans: *Medicinische Jahrb.*, I, 1874.

que, la face regardant horizontalement en bas, la tête tournât autour d'un axe dirigé, perpendiculairement à la ligne de base oculaire, de la racine du nez à l'occiput. M. Mulder et moi avons encore étudié cette torsion par d'autres méthodes, qui en ont confirmé la réalité. Elle n'a toutefois qu'une existence passagère : par la nature des choses, elle ne saurait être durable.

On peut citer, en second lieu, le mouvement latéral des yeux lors de la rotation de la tête autour de l'axe vertical : si l'on demande à quelqu'un de mouvoir la tête alternativement à droite et à gauche (le geste de la dénégation), on trouve généralement que l'œil ou bien ne suit pas ces mouvements, ou bien les suit incomplètement ; il en est de même lorsque, placé derrière la personne, on imprime à sa tête, avec les mains appliquées sur les tempes, le mouvement en question. Si la personne ferme les yeux, elle voit l'image consécutive d'une flamme exécuter des mouvements moins étendus que ceux de la tête.

Les mouvements saccadés de l'image consécutive, quand le corps tourne d'une manière continue autour de l'axe longitudinal, indiquent clairement aussi que les lignes de fixation restent chaque fois en arrière.

Lorsque la tête tourne autour de l'axe horizontal transversal, les yeux ont pareillement une tendance à demeurer fixés sur les mêmes objets, comme peut le montrer la mire d'une baguette tenue entre les dents.

Si, la tête fortement penchée en avant et la face horizontale, on fixe le regard sur le sol, on se convainc, de la même manière, que les yeux n'ont pas complètement suivi l'inclinaison, et si alors dans cette attitude on se meut en avant et en arrière, on constate, tout aussi sûrement, une certaine propension à laisser le regard suivre le plan qui fuit sous nos pieds.

Dans la marche ordinaire, la tête s'élève et s'abaisse à chaque pas, sans la moindre influence sur le point de fixation, et même quand on s'assied ou qu'on se lève de sa chaise, le mouvement de la tête est souvent compensé.

Enfin, lorsqu'on est entraîné passivement en avant ou en arrière, en voiture par exemple, et qu'on regarde de côté, on a de la peine

à faire suffisamment abstraction de tous les objets extérieurs pour maintenir les yeux immobiles dans l'orbite; sans cesse ils restent comme attachés aux objets, pour exécuter ensuite de nouveau un petit bond.

Si l'on ferme les yeux, tous ces phénomènes, comme nous l'apprennent les images consécutives, persistent plus ou moins longtemps, et il est probable qu'on les rencontrera aussi chez les aveugles.

Ces faits mettent hors de doute qu'il existe une tendance à compenser les mouvements de la tête et du corps par des mouvements des yeux, c'est-à-dire, une tendance à garder les objets, qui sont réellement en repos, attachés aux mêmes points de la rétine, aussi longtemps qu'il ne s'agit pas de voir d'autres objets. Déjà dans les mouvements ordinaires de la tête, cette tendance s'accuse fortement. Les personnes d'un naturel vif font en causant mille gesticulations de la tête, tout en tenant ordinairement le regard invariablement fixé sur leur interlocuteur. Beaucoup de travaux mécaniques exigent des mouvements de la tête, pendant lesquels le regard doit rester constamment dirigé sur le même point: là encore, les mouvements compensateurs des yeux sont donnés immédiatement et simultanément. C'est l'opposé de ce qui a lieu lorsqu'un point vu indirectement attire l'attention et par suite le regard: les yeux s'élancent alors vers lui, et la tête, le corps même agissent dans le même sens et accomplissent une partie du chemin; l'association est si pressante, qu'il faut un effort énergique de la volonté pour y résister. Mais, ce n'est guère avec moins de régularité qu'agit l'association compensatrice dont nous parlions tout à l'heure et que nous entendons invoquer pour expliquer la torsion.

Si l'on incline la tête *lentement* vers l'épaule, en contemplant par exemple une ligne verticale, l'idée de ce mouvement compense le passage de l'image sur d'autres méridiens: la ligne ne paraît pas changer de direction. Pour une ligne lumineuse, vue dans l'obscurité, cette compensation est toutefois insuffisante: la ligne semble alors pencher vers le côté opposé, et, pour paraître

verticale, elle doit être inclinée du même côté que la tête.

Si les mouvements se font avec *rapidité* et en outre alternativement à droite et à gauche, la ligne verticale y répond en toutes circonstances par des mouvements à gauche et à droite. Aussi imparfaitement que les méridiens nous renseignent au sujet de l'inclinaison absolue, aussi exactement ils trahissent par comparaison les angles sous lesquels deux lignes se croisent au point fixé; il est donc facile de comprendre que, lorsque l'image passe avec une rapidité relativement grande d'un méridien à l'autre, il se produise, malgré l'influence compensatrice de l'idée du mouvement de la tête, l'illusion d'un mouvement de la ligne, abstrait en quelque sorte des images rétinienne. Or, il n'en faut pas davantage, d'après ce que nous savons, pour provoquer la torsion. Le fait que précisément dans les mouvements rapides, — qui donnent lieu, comme nous venons de le voir, au mouvement apparent le plus prononcé, — la torsion se développe aussi, passagèrement, avec le plus de force, ce fait, dis-je, est la preuve la plus convaincante qu'elle a son origine dans la tendance à la compensation; nous pouvons donc la regarder comme expliquée génétiquement par cette tendance. D'un autre côté, nous trouvons l'explication de son imperfection dans la circonstance que nous sommes moins fortement poussés à lier les méridiens à leur direction qu'à retenir invariablement les points fixés; or cette dernière condition, à laquelle se rapportent les cas analogues ci-dessus cités, ne reçoit aucune atteinte de l'inclinaison latérale de la tête.

L'association entre la torsion et l'inclinaison de la tête est si intime, qu'elle se fait encore sentir quand on a les yeux fermés, chez les aveugles, et même, à ce qu'il paraît, chez les aveugles de naissance. Conclure de là qu'elle n'émane pas des impressions rétinienne, accuserait des vues peu exactes quant à l'origine des rapports de nos opérations.

Il n'y a pas lieu non plus de s'étonner que la position des yeux, dépendant de la torsion, se maintienne à un degré à peu près constant, aussi longtemps que dure l'inclinaison; d'autant moins, que cette position pourrait contribuer à faire apprécier

plus exactement la direction dans l'espace, ainsi que l'a admis M. Mulder, en accord avec l'explication de la torsion donnée par M. Nagel.

La remarquable découverte de Flourens (1842), qu'après la section des canaux semi-circulaires de l'oreille interne les animaux exécutent des mouvements de vacillation et de culbute, a conduit, de notre temps, par suite des recherches de MM. Goltz, Mach, Breuer et Brown, à la théorie suivant laquelle ces canaux seraient des organes sensoriels „pour l'équilibre de la tête et, médiatement, du corps entier.” Cette théorie enseigne: „que les nerfs des ampoules, en vertu de leur énergie spécifique, répondent à chaque excitation par une sensation de rotation” (Mach).

Or les auteurs, que nous venons de citer, paraissent disposés à déduire de ce prétendu organe d'équilibre tous les mouvements oculaires qui sont le résultat de mouvements de la tête ou d'un changement de l'état d'équilibre. M. Breuer surtout parle à chaque instant de mouvements réflexes, dus à l'excitation des nerfs des ampoules. En premier lieu, il convient de remarquer que le mot *réflexe* n'est pas employé ici dans le sens ordinaire. Un phénomène réflexe est censé pouvoir s'accomplir sans l'intervention de la conscience, et le mouvement qui s'opère à la suite de l'excitation des ampoules est, au contraire, inséparable de l'idée consciente. Cette première remarque nous conduit ensuite au point capital: l'idée elle-même est la condition du mouvement, et tout facteur qui évoque l'idée, détermine par là simultanément les mouvements qui en dépendent. C'est ainsi qu'il est facile de se convaincre que, lorsqu'on fixe un objet, tous les petits mouvements de la tête sont compensés *immédiatement* par un mouvement associé des yeux. Cela est manifeste quand la tête tourne autour de l'axe vertical ou autour de l'axe horizontal (voir p. 445), et il n'y a absolument aucune raison pour ne pas le regarder comme applicable aussi aux torsions qui accompagnent l'inclinaison latérale de la tête. Si, pour que cette compensation s'opère, il fallait que le mouvement de la tête déterminât d'abord une tension de l'endo-

lymphe, qui se communiquerait aux ampoules et alors seulement provoquerait le mouvement réflexe, celui-ci se ferait bien attendre environ $\frac{1}{10}$ de seconde, et tout mouvement de la tête commencerait par changer le point de fixation. Dans le cas du mouvement volontaire, nous attribuons donc les mouvements de la tête et des yeux à des impulsions simultanées, ou, si l'on veut, à une seule et même impulsion complexe. De même, quand nous pouvons prévoir l'instant où se produira un mouvement passif, l'impulsion sait trouver le moment précis pour la contraction musculaire, avant même que ce mouvement passif fasse sentir son influence. En général, nous nous armons de notre volonté contre ce que nous prévoyons, et les yeux sont en cela notre garde la plus sûre. Les yeux fermés, le meilleur cavalier est désarçonné par les écarts inattendus de sa monture. Ainsi, là seulement où les mouvements de la tête ne sont pas prévus, une part d'influence pourrait peut-être revenir à l'organe de l'équilibre. Mais, là encore, il resterait à savoir si le déplacement des images sur la rétine ne provoquerait pas plus rapidement et plus sûrement les mouvements correspondants.

Plus haut (p. 443) j'ai déjà montré (N^o. 39, embouchure avec tiges verticales) que la torsion parallèle s'opère sur les deux yeux au même instant et au même degré. J'ai aussi fait remarquer (p. 407) que le contrôleur des lois de Listing et de D. peut nous apprendre jusqu'à quel point la loi de Listing reste encore applicable en cas d'inclinaison latérale de la tête, inclinaison accompagnée de torsion. Cette question mériterait bien un examen spécial.

IV. TORSION SYMÉTRIQUE INDÉPENDANTE.

Nous avons à traiter ici d'un mouvement de torsion dans lequel les deux yeux tournent simultanément vers le côté médian ou vers le côté temporal autour de leur ligne de fixation, mouvement par conséquent symétrique, et qui non-seulement est indépendant d'autres mouvements de la ligne de fixation, ce qui s'applique aussi aux mouvements de torsion parallèle, mais indépendant en outre des

mouvements de la tête et du tronc. Cette torsion symétrique n'a que peu d'étendue, mais elle est remarquable au plus haut degré, parce que son rapport avec la fonction optique saute nettement aux yeux.

Ce sont mes expériences avec l'isoscope qui m'ont conduit à l'étude de la torsion symétrique. Je voulais examiner avec cet instrument la position des méridiens pour toutes les directions des lignes de regard. Mais, dès les premières expériences, il devint évident qu'il y avait encore d'autres facteurs actifs, et que notamment les objets qui se trouvent dans le champ visuel exercent une influence sur la position des méridiens. Cette influence devait donc être étudiée en premier lieu.

Des exemples de torsion sous la pression des images rétinienne ne sont pas entièrement inconnus. Il y a plus de 25 ans, j'ai montré que si, au moyen d'un prisme faible tenu devant un des yeux, on déplace l'image rétinienne de ce côté, soit en dedans ou en dehors, soit même en haut ou en bas, la tendance à la vision simple provoque des mouvements, qui ramènent les images à des points correspondants. Plus tard, M. Helmholtz, par une combinaison particulière de deux prismes, fit pencher de côté l'image d'un des yeux, et se convainquit de la tendance à corriger aussi cette déviation, et cela par une torsion. Déjà antérieurement, M. Nagel avait vu une torsion se produire sous l'influence de figures stéréoscopiques tournées dans leur plan, et M. Hering, qui d'abord avait combattu l'opinion de Helmholtz, dut, après avoir répété les expériences de Nagel, déclarer la cause gagnée. La torsion ainsi observée est un mouvement qui se développe lentement et qui se rapproche assez de celui que nous observons lors du déplacement vers le haut ou vers le bas d'une des images rétiniennes. Mais dans ce phénomène on ne paraît avoir vu que l'effet d'une impulsion anormale: si l'œil est en état d'y obéir, cela, pensait M. Nagel, ne pouvait pas surprendre, par la raison que la torsion, associée à certains mouvements de la ligne de fixation, n'est en général pas étrangère à l'œil. Je doute que la torsion fût devenue possible sous une pression anormale, si dans la vision ordinaire un rôle propre ne lui avait été départi. Avant de chercher ce rôle, je crois devoir mentionner les prin-

cipaux résultats de torsion artificielle, si je puis m'exprimer ainsi, obtenus avec l'isoscope ¹).

La torsion est mesurée, dans l'isoscope, par la variation de l'angle que font entre eux les méridiens de même direction apparente, spécialement les méridiens apparents verticaux ou horizontaux. C'est surtout pour les méridiens verticaux que j'ai étudié cette variation. L'angle qu'ils forment est, comme nous l'avons vu, toujours positif, et il a pour mes yeux une valeur particulièrement grande, atteignant $3^{\circ},3$. C'est là l'angle V , sous lequel je dois disposer dans l'isoscope deux fils approchant de la verticale, pour les faire paraître parallèles. Si alors je continue longtemps l'expérience, en regardant à travers un large cylindre et avec un écran gris pour fond, de manière à n'avoir dans le champ visuel rien que les deux fils, et en ramenant toujours ces fils au parallélisme apparent, l'angle s'élève peu à peu jusqu'à $4^{\circ},3$. Après un intervalle d'une heure, cet effet n'est pas encore entièrement dissipé. Indépendamment de toute expérimentation, V s'élève un peu dans le courant de la journée.

Si, dans l'expérience, je place les fils sous un angle plus grand que $3^{\circ},3$, V augmente rapidement, surtout lorsque par intermittence je les fais coïncider (en divergeant faiblement); si je les place sous un angle beaucoup plus petit, V diminue rapidement. En opérant ainsi, j'ai obtenu en quelques minutes une variation entre $2^{\circ},88$ et $4^{\circ},85$.

Je plaçai derrière le cadre de l'isoscope deux séries de larges lignes noires, une série pour l'œil droit, une pour l'œil gauche, et dans le cadre, pour indiquer les méridiens verticaux apparents, deux cordons rouges, comme d'ordinaire à une distance de 70 millimètres l'un de l'autre. Les deux séries pouvaient être disposées parallèlement, mais aussi, à volonté, sous un angle positif ou négatif: toujours se manifesta la tendance à les fusionner par torsion sous l'angle ordinaire. J'obtins ainsi en peu de minutes une variation de $V = 4^{\circ},65$ à $V = -0^{\circ},11$. En soustrayant les valeurs de V

¹) *Onderz. physiol. labor.* 3^e série, t. II, pag. 45; et *Archiv f. Ophth.*, t. XXI, 3, pag. 100.

de l'angle sous lequel étaient placées les deux séries, on avait l'angle sous lequel elles s'étaient fusionnées. Cet angle a été estimé trop haut dans la combinaison stéréoscopique, parce qu'on ne connaissait pas la torsion compensatrice.

On peut aussi fixer par convergence une baguette placée derrière le cadre de l'isoscope dans le plan médian, et inclinée alternativement en avant et en arrière: l'influence des demi-images sur la position des méridiens verticaux se fait alors encore valoir. Par ce moyen, j'ai trouvé une variation de $V = 2^{\circ},6$ à $V = 4^{\circ},98$.

Dans toutes ces expériences, il suffit qu'il y ait un seul fil horizontal tendu dans le champ de l'isoscope, pour que ce fil tienne en bride les méridiens. Ni la durée prolongée des expériences, ni les directions des demi-images de lignes ou de baguettes ne sont alors capables de modifier notablement l'angle V .

Les demi-images des lignes horizontales prédominent donc très manifestement sur celles des lignes verticales. Par là, elles sont la base de la vision stéréoscopique. Sous leur influence, les yeux se disposent de telle sorte que les demi-images en question coïncident à peu près dans les méridiens horizontaux apparents, et c'est seulement par suite de cette position fixe que l'angle des méridiens verticaux apparents acquiert son importance stéréoscopique. On obtient une indication fautive quand, par un artifice, on impose aux yeux une torsion pour faire coïncider les demi-images horizontales: si on dirige les lignes de fixation, par entrecroisement, sur deux systèmes de lignes qui s'écartent un peu en sens opposé de la direction horizontale, la tendance à les faire coïncider détermine la susdite rotation autour de la ligne de regard, et un fil vertical, passant par le point de convergence, paraît alors incliner dans le plan médian en avant ou en arrière, suivant le sens de la rotation. Pour cette remarquable expérience on peut se servir de l'isoscope ¹⁾.

Il s'agit maintenant d'examiner dans quelles circonstances de la vision ordinaire se manifeste la rotation symétrique, que nous venons

¹⁾ Dans une autre occasion, je reviendrai sur la signification de ces phénomènes pour la vision stéréoscopique.

de voir se produire sous l'influence de demi-images évoquées artificiellement. En premier lieu, elle apparaît quand on fixe par convergence des lignes horizontales en dehors de la position primaire C. J'ai déjà mentionné ce cas ci-dessus (p. 437). J'ai fait remarquer que l'angle des demi-images poussait alors à rechercher la position primaire en question. Mais il n'est pas toujours possible d'obéir à cette impulsion. L'objet, dans les conditions données, ne se laisse peut-être pas déplacer, et les mouvements de la tête rencontrent des obstacles: les yeux tournent alors autour de la ligne de fixation, et les demi-images horizontales se rapprochent de l'égalité de direction. L'isoscope met de nouveau le fait en évidence par le changement de l'angle V. — La vision et le maniement de lignes verticales et de lignes plus ou moins obliques, situées dans le plan médian ou tout près de ce plan, donne aussi lieu de constater une torsion accommodatrice, surtout lorsque les yeux ne se trouvent pas sous le contrôle trop sévère de lignes à peu près horizontales. Enfin, un petit nombre d'expériences suffit à faire connaître l'action accommodatrice de la torsion en cas de convergence asymétrique. Lors donc que le regard se repose pendant quelques instants sur un point quelconque, il arrive que, sous la réserve d'une certaine suprématie des lignes horizontales, tous les points et lignes marqués, qui se trouvent dans le champ visuel, font sentir leur influence sur la position des yeux; ceux sur lesquels l'attention se fixe particulièrement, c'est-à-dire, en général, ceux qui sont voisins du champ de vision directe, exerceront une action prépondérante, mais pourtant, ainsi que me l'a de nouveau appris l'isoscope, les lignes situées aux limites du champ de vision binoculaire, et que l'on n'avait pas même remarquées, auront aussi leur part d'influence.

Dans chaque position les yeux cherchent donc, par de petites oscillations autour de la ligne de regard, leur horoptère, en rapport avec les images du champ visuel. Ainsi se manifeste la tendance inconsciente à accommoder la position des yeux aux exigences de la vision binoculaire. Dans cette tendance est impliquée l'origine même de la torsion symétrique.

Appendice I. Dans l'*Archiv f. Ophth.*, t. XVIII, 1, p. 53, on trouve des recherches de M. Dobrowolsky, dont le résultat est que, sur 21 personnes regardant par convergence dans la position primaire P, on aurait observé jusqu'à 14 fois une torsion *negative*. Ce résultat m'a engagé à étendre mes déterminations à un grand nombre d'individus; mais, pas plus que d'autres observateurs indépendants, je n'ai pu rencontrer un seul cas d'une pareille torsion négative. Une partie des expériences fut faite après détermination exacte de la position primaire P, notamment par MM. Engelmann, Bouvin, Mulder, Van Rees, Winkler, Grosman, van der Ven, Goenee. Pour d'autres, je me bornai à placer la tête simplement d'aplomb, dans une position qui certainement était très voisine de la position primaire P. Dans ces dernières expériences, on fit usage de la même méthode qu'avait employée M. Dobrowolsky sur les indications de M. Helmholtz, méthode qui consiste à réunir deux rayons des disques de Volkmann, vus dans un stéréoscope à réflexion, avec miroirs tournants. Les miroirs étant en mouvement, l'observateur, par combinaison stéréoscopique des petits anneaux que portent les rayons, suit ceux-ci, si c'est possible, jusqu'à ce que les lignes de fixation soient parallèles, puis, l'un de ces rayons étant placé horizontalement, il donne à l'autre, avec la main, la même direction apparente. Cela fait, on tourne les miroirs en sens opposé, de manière à imposer une convergence de plus en plus forte. L'observateur remarque alors que les rayons ne se montrent plus parallèles, mais forment une ligne brisée; on l'invite à tourner l'un des rayons jusqu'à ce que le parallélisme soit rétabli. Or, constamment cette rotation fut exécutée dans le sens qui devait être nécessaire après une torsion positive.

Le tableau suivant donne un aperçu de ces expériences:

Nom.	Age.	Réfraction.	Torsion positive.
Kränchel	29	E	2° ₇
Van Moll	25	E	3° ₄
Engelmann	29	$M_{\frac{1}{2}0}$	3° ₃
Küster	28	E	3° ₃
Lentink	29	$M_{\frac{1}{4}0}$	2° ₂
Luchtmans	22	E	1° ₂
V. D. Post	21	E	4°
Mulder	27	E	4° ₀₅
Frank	32	M_{10}	4°
Callan	32	M	5° ₂
Backer	24	E	5°
Van Lunteren	25	E	4° ₂₅
V. D. Loo	21	E	4°
V. D. Heuvel	26	Ah	2°
Paling	19	E	5° ₂₅
V. D. Ven	22	E	5° ₅
V. D. Meulen	25	E	4° ₃

En présence de ces résultats, ceux de M. Dobrowolsky me semblent problématiques. Peut-être n'a-t-il pas donné une attention suffisante à la position primaire: en s'écartant relativement peu de cette position, MM. Engelmann, Van Moll, Küster et Grossmann auraient pu présenter une torsion négative.

Il en est de même de M. Dastich et, à ce que je crois, de MM. Nagel et Claparède.

Appendice II. a. Déjà en 1873, j'avais fait, en me servant de l'isoscope, quelques recherches sur la position primaire C (voir *Onderzoek. Lab.*, III, p. 380), et j'avais dès lors remarqué qu'avec de fortes convergences l'angle s diminue et reste alors initialement, pour des convergences moindres, plus petit; en cas de divergence, au contraire, l'angle augmentait un peu. C'est ainsi que j'avais noté:

1.	converg. à 150 m.m. après un travail ordinaire,	$s = 40^{\circ},1$
2.	" " " " après 2 min. de divergence	44 ^o ,5
3.	" " " " immédiatement après	41 ^o ,8
4.	" " 100 "	33 ^o ,20
5.	" " 150 " immédiatement après	36 ^o ,55
6.	" " " " immédiatement après	36 ^o ,95
7.	" " " " après 3 min. de divergence	45 ^o ,33
8.	" " " " immédiatement après	41 ^o ,76

En répétant maintenant les expériences avec l'horoptéroscope, j'ai obtenu des résultats semblables. Voici une couple de séries, prises à des jours différents:

mm.	I.	II.
convergence à 977	42	45
648	42	44
234	40	41
212	40,6	41,2
194	35,7	37,2
178	37	38
153	36,7	35,2
134	34,5	33,7
120	32,7	35,3

Avec le maximum de convergence, j'ai obtenu comme minimum $27^{\circ},2$, avec la convergence ordinaire une fluctuation entre 37° et 40° . — Quant aux variations de l'angle s , même en cas de convergence égale, on en trouve ci-dessus (p. 47) une explication satisfaisante.

Chez la plupart des observateurs j'ai trouvé, pour des degrés de convergence différents, s à peu près constant. C'est ainsi que chez M. Bouvin, à quatre jours différents, s s'éleva en moyenne à $24^{\circ},8$, $24^{\circ},3$, $24^{\circ},1$ et $23^{\circ},2$, avec des écarts assez grands dans les observations particulières, mais sans influence sensible des

degrés de convergence. Il en fut de même de l'aide Goenee, dont les moyennes, à trois jours différents, s'élevèrent à 25°,7, 26°,5 et 25°,7. M. Mulder trouva environ 35°, M. Winkler 25°, M. van Rees 27°, M. van de Ven entre 20° et 30°. Dans le livre de M. Hering, *Die Lehre vom Binocularen Sehen* (p. 96), nous voyons que l'auteur a trouvé pour lui-même environ 20°, et qu'on peut admettre pour M. Meissner une valeur positive assez grande, pour M. von Recklinghausen une valeur $s = 35^\circ$. MM. Volkmann et Welcker avaient aussi des angles positifs. Enfin, il n'y a pas lieu de douter que la même chose ne s'appliquât aux divers observateurs qui ont présenté, par convergence dans la position primaire P, une torsion positive (voir *Appendice I*).

A ces cas on peut opposer ceux, en nombre moindre, où s devient très petit ou même = 0°, comme chez MM. Helmholtz, Engelmann et Grossman, et aussi (à ce que je crois me rappeler) chez M. Nagel; mais quant à des valeurs négatives, en dehors des 14 cas sur 21 de M. Dobrowolsky, je n'en ai trouvé nulle part la moindre mention.

b. A l'aide de l'horoptéroscope j'ai aussi déterminé la quantité dont avait basculé le plan dans lequel se coupaient les méridiens verticaux apparents. Ces déterminations laissèrent, il est vrai, à désirer sous le rapport de l'exactitude, mais dans toutes il était pourtant facile de constater la liaison avec l'angle V—H et le décroissement de α à mesure que la convergence augmentait.

Je citerai, à l'appui, les deux séries suivantes :

		I.			
		s	α		
Converg. à	1000 m.m.	45°,9	37°		
" "	750 "	44,8	29,3		
" "	500 "	43,3	25,5		
" "	234 "	37,6	7,4		
" "	150 "	33,9	4,7		
" "	126 "	34	4		
" "	108 "	33,5	3,3		
" "	95 "	33,5	2,75		
" "	84 "	32,3	2,6		
		II.			
Converg. à	α , trouvé.	Converg. à	$(m = 1^{\circ},25)$ α , calculé.		
976 mm.	35°,2	999,4 mm.	34° 17'		
733	27°,7				
488	20°,22 ₀	498,2	18° 50'		
231	11°,3; 9°,7	197,3	11° 34'		
		146,4	7° 46'		
142	6°,3; 6°,55				
122	5°,15				
100	3°,2	94,5	3° 54'		

Il y a différentes causes qui empêchent d'atteindre une grande exactitude pour les valeurs de α . L'instrument ne se prête pas à une détermination très précise, mais je suis convaincu que les déterminations les plus rigoureuses offriraient aussi de grands écarts, parce que la fonction visuelle elle-même laisse une liberté assez grande. Le calcul se heurte à la difficulté de trouver pour $V-H$, et par suite pour $m = \frac{1}{2}(V-H)$, des chiffres exacts. L'inconstance de V et de H oblige à déterminer ces deux grandeurs simultanément, et, dans cette opération, des méthodes différentes fournissent de nouveau des résultats peu concordants. La valeur de $V-H$ varie aussi avec les valeurs absolues de V et de H , en cas de torsion, fait dont je ne suis pas en état de rendre compte.

Dans la suite des recherches dont j'ai publié la première partie dans les *Onderz. phys. labor.*, t. III. 2, p. 45 et dans l'*Archiv f. Ophth.*, t. XXI. 3, je reviendrai plus en détail sur la détermination de H et de $V-H$.

SUR LES
ONDES SONORES CYLINDRIQUES,

PAR

C. H. C. GRINWIS.

Lorsque, des divers points d'une ligne droite homogène, partent des vibrations égales et de même phase, il peut se former dans l'air un système d'ondes cylindriques, dont cette ligne droite est l'axe.

Je me propose d'étudier ici les ondes de cette nature, spécialement en ce qui concerne l'énergie, l'intensité et le timbre du son qui prend naissance lorsque les vibrations susdites ont une même période, dont la durée tombe entre les limites correspondant à un ton musical. J'ai déjà étudié de la même manière, dans des Mémoires précédents ¹⁾, les ondes sphériques qui se développent autour d'un petit espace vibrant, considéré comme centre.

Les particules d'air situées sur une surface cylindrique, dont la ligne droite, source du son, constitue l'axe, se trouvent toutes, à un moment quelconque, dans le même état de vibration; le mouvement est donc symétrique tout autour de cette ligne.

Prenons cette droite pour axe des coordonnées x , et soit $r = \sqrt{y^2 + z^2}$ la distance d'une particule d'air à cette droite; φ , le potentiel de vitesse du mouvement sonore, dépendra alors uniquement de r et de t (le temps), de sorte qu'on aura

$$\varphi = f(r, t) \dots \dots \dots (1)$$

¹⁾ *Arch. Néerl.*, t. X, p. 135 et 151.

L'équation connue du potentiel de la vitesse du mouvement de l'air ¹⁾

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = a^2 \left(\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + \frac{d^2 \varphi}{dz^2} \right) \dots \dots \dots (I)$$

se transformera donc ainsi:

$$\begin{aligned} \frac{d \varphi}{dx} &= 0, & \frac{d \varphi}{dy} &= \frac{d \varphi}{dr} \cdot \frac{dr}{dy} & r^2 &= y^2 + z^2 \\ & & &= \frac{d \varphi}{dr} \frac{y}{r} & \frac{dr}{dy} &= \frac{y}{r} \\ & & \frac{d \varphi}{dz} &= \frac{d \varphi}{dr} \frac{z}{r} \\ \frac{d^2 \varphi}{dx^2} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \varphi}{dy^2} &= \frac{d^2 \varphi}{dr^2} \frac{y^2}{r^2} + \frac{d \varphi}{dr} \left(\frac{1}{r} - \frac{y^2}{r^3} \right) \\ \frac{d^2 \varphi}{dz^2} &= \frac{d^2 \varphi}{dr^2} \frac{z^2}{r^2} + \frac{d \varphi}{dr} \left(\frac{1}{r} - \frac{z^2}{r^3} \right) \end{aligned}$$

et (I) deviendra finalement:

$$\frac{1}{a^2} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{d^2 \varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d \varphi}{dr} \dots \dots \dots (II).$$

Pour intégrer cette équation, posons ²⁾:

$$\varphi = \Sigma (A_n r^n) \dots \dots \dots (2)$$

où le signe Σ marque une série à indices décroissants pour n , tandis que A_n est une fonction de r et t qui satisfait à l'équation différentielle partielle:

$$\frac{1}{a^2} \frac{d^2 A_n}{dt^2} = \frac{d^2 A_n}{dr^2} \dots \dots \dots (3)$$

¹⁾ Duhamel, *Cours de Mécanique*, t. II, N^o. 197.

²⁾ Airy, *On Sound*, London, 1868, Nos. 43 et 44.

on peut donc prendre pour A_n une fonction arbitraire de $r - at$, de sorte que

$$A_n = F_n(r - at) \dots \dots \dots (4)$$

Si nous substituons la valeur de φ donnée par (2) dans l'équation (II); la condition que cette dernière équation doit par là devenir identique fournit des relations entre les A_n , A_{n-1} , A_{n-2} etc. successifs; on reconnaît alors que $n = -\frac{1}{2}$, et que

$$\begin{aligned} A_{-\frac{3}{2}} &= \frac{1}{8} \int A_{-\frac{1}{2}} dr \\ A_{-\frac{5}{2}} &= \frac{9}{128} \int dr \int A_{-\frac{1}{2}} dr \\ A_{-\frac{7}{2}} &= \frac{75}{1024} \int \int \int A_{-\frac{1}{2}} dr^3, \text{ etc.} \end{aligned}$$

de sorte que, en écrivant A au lieu de $A_{-\frac{1}{2}}$, il vient:

$$\varphi = \frac{A}{\sqrt{r}} + \frac{1}{8} \frac{\int A dr}{r\sqrt{r}} + \frac{9}{128} \frac{\int \int A dr^2}{r^2\sqrt{r}} + \frac{75}{1024} \frac{\int \int \int A dr^3}{r^3\sqrt{r}} + \text{etc.} \dots (III).$$

Lorsque les vibrations sont celles d'un ton musical dont la longueur d'onde est λ , A peut être représenté par

$$C \cos k(r - at) \dots \dots \dots (5)$$

où C est une constante, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. Nous obtenons alors:

$$\varphi = \frac{C \cos k(r - at)}{\sqrt{r}} + \frac{1}{8} \frac{C \sin k(r - at)}{kr\sqrt{r}} - \frac{9}{128} \frac{C \cos k(r - at)}{k^2 r^2 \sqrt{r}} - \text{etc.} \dots (IV);$$

et il est facile de montrer que cette valeur satisfait à (II).

Elle se laisse encore mettre sous la forme:

$$\varphi = \frac{C}{\sqrt{r}} \left\{ \cos k(r - at) + \frac{1}{16\pi} \sin k(r - at) \left(\frac{\lambda}{r}\right) - \frac{9}{512} \cos k(r - at) \left(\frac{\lambda}{r}\right)^2 + \text{etc.} \right\}.$$

En se bornant aux particules d'air assez éloignées de la source sonore pour que la seconde puissance de $\frac{\lambda}{r}$ et les puissances supérieures puissent être négligées, on a :

$$\varphi = \frac{C \cos k(r - at)}{\sqrt{r}} + \frac{1}{8} \frac{C \sin k(r - at)}{r\sqrt{r}} \dots \dots \dots (V)$$

ou, si pour abrégér l'on pose

$$k(r - at) = u, \dots \dots \dots (6)$$

$$\varphi = \frac{C \cos u}{r^{\frac{1}{2}}} + \frac{1}{8} \frac{C \sin u}{r^{\frac{3}{2}}},$$

il vient alors :

$$\frac{1}{a} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{C}{r^{\frac{1}{2}}} \left\{ k \sin u - \frac{1}{8} \frac{\cos u}{r} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

$$\frac{d\varphi}{dr} = -\frac{C}{r^{\frac{3}{2}}} \left\{ k \sin u + \frac{3}{8} \frac{\cos u}{r} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

Si maintenant nous indiquons, comme précédemment, par E, T et U les énergies potentielle, actuelle et totale du mouvement sonore, nous trouvons, ρ_0 représentant la densité normale de l'air ¹⁾ :

$$E = \frac{1}{2} \rho_0 \int \frac{1}{a^2} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 dv \dots \dots \dots (9)$$

$$T = \frac{1}{2} \rho_0 \int \left(\frac{d\varphi}{dr} \right)^2 dv \dots \dots \dots (10)$$

$$U = E + T \dots \dots \dots (11)$$

Il est à peine nécessaire de faire remarquer que E n'est pas l'énergie potentielle absolue de l'air, mais seulement celle du mouvement sonore, c'est-à-dire, l'énergie de la dilatation ou de

¹⁾ Arch. Néerl., t. X, p. 138 et 139.

la condensation produite dans l'air à raison de son mouvement.

Admettons, en outre, que la droite faisant fonction de source sonore ait une longueur l ; menons par ses extrémités, perpendiculairement à elle, deux plans indéfinis, et déterminons l'énergie dans un espace limité par ces deux plans et par deux surfaces cylindriques ayant pour axe la droite en question. Si r est la distance d'un point de cet espace à l'axe, et dv un élément de volume cylindrique, on a

$$dv = 2 \pi l r dr \dots \dots \dots (12)$$

et pour les 3 énergies dans cet élément, dE , dT , dU , nous trouvons :

$$dE = \rho_0 \pi l C^2 \left(k^2 \sin^2 u - \frac{1}{4} \frac{k}{r} \sin u \cos u + \frac{1}{64} \frac{\cos^2 u}{r^2} \right) dr. \quad (13)$$

$$dT = \rho_0 \pi l C^2 \left(k^2 \sin^2 u + \frac{3}{4} \frac{k}{r} \sin u \cos u + \frac{9}{64} \frac{\cos^2 u}{r^2} \right) dr. \quad (14)$$

$$dU = \rho_0 \pi l C^2 \left(2 k^2 \sin^2 u + \frac{1}{4} \frac{k}{r} \sin 2u + \frac{5}{32} \frac{\cos^2 u}{r^2} \right) dr. \quad (15)$$

de sorte que :

$$dU = \frac{\rho_0}{2} C^2 \left(2 k^2 \frac{\sin^2 u}{r} + \frac{1}{4} \frac{k}{r^2} \sin 2u + \frac{5}{32} \frac{\cos^2 u}{r^3} \right) dv. \quad (16)$$

$$\frac{dU}{dv} = \frac{\rho_0}{2} C^2 \left(2 k^2 \frac{\sin^2 u}{r} + \frac{1}{4} \frac{k \sin 2u}{r^2} + \frac{5}{32} \frac{\cos^2 u}{r^3} \right)$$

Or l'intensité du son est ¹⁾ :

$$I = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \frac{dU}{dv} dt,$$

où T représente le temps de vibration. Mais on a :

$$\frac{1}{T} \int_t^{t+T} \sin^2 u dt = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \cos^2 u dt = \frac{1}{2}$$

¹⁾ *Arch. Néerl.*, t. X, p. 153.

et

$$\frac{1}{T} \int_t^{t+T} \sin 2u \, dt = 0,$$

donc :

$$\begin{aligned} I &= \frac{2}{\varrho_0} C^2 \left\{ \frac{k^2}{r} + \frac{5}{64 r^3} \right\} \\ &= \frac{\varrho_0 C^2}{2 r \lambda^2} \left\{ 4 \pi^2 + \frac{5}{64} \left(\frac{\lambda}{r} \right)^2 \right\} \\ &= \frac{A}{r \lambda^2} \left\{ 4 \pi^2 + \frac{5}{64} \left(\frac{r}{\lambda} \right)^2 \right\} \dots \dots \dots \text{(VI)} \end{aligned}$$

Pour de grandes distances, on trouve

$$I = \frac{B}{r \lambda^2} \dots \dots \dots \text{(VIa)}$$

l'intensité est alors en raison inverse de la distance et du carré de la longueur d'onde. Pour ce qui regarde l'énergie contenue dans une onde, remarquons que, d'après la valeur (15), l'énergie dU , dans une couche élémentaire située à la distance r , diminue à mesure que r augmente, et qu'elle tend vers la *limite*

$$dU = 2\varrho_0 \pi l C^2 k^2 \sin^2 u \, dr \dots \dots \dots \text{(17)}$$

quant aux valeurs dE et dT , pareillement variables et décroissantes avec la distance, elles sont toujours *inégaies*, et telles que $dT > dE$; néanmoins, elles tendent vers la même limite

$$dE = dT = \frac{1}{2} dU = \varrho_0 \pi l C^2 k^2 \sin^2 u \, dr \dots \dots \text{(18)}$$

De même que précédemment ¹⁾, nous avons affaire ici, à raison de la valeur du déplacement qui se déduit de (8), à une longueur d'onde variable; en prenant de nouveau pour longueur d'onde

¹⁾ *Arch. Néerl.*, t. X, p. 156.

normale $\lambda = a T = \frac{a}{n}$, nous avons pour l'énergie totale dans une pareille onde, au temps t

$$\begin{aligned}
 U &= 2 \varrho_0 \pi l C^2 k^2 \int_r^{r+\lambda} \sin^2 k(r-at) dr \\
 &= 2 \varrho_0 \pi l C^2 k^2 \left\{ -\frac{1}{4} \sin 2k(r-at) + \frac{1}{2} k(r-at) \right\}_r^{r+\lambda} \\
 &= \frac{4 \varrho_0 \pi^3 l C^2}{\lambda} \dots \dots \dots (VII)
 \end{aligned}$$

et pour E et T, dans le même cas :

$$E = T = \frac{1}{2} U = \frac{2 \varrho_0 \pi^3 l C^3}{\lambda} \dots \dots \dots (VIII)$$

expressions qui donnent les valeurs des énergies à une grande distance de l'axe.

L'énergie moyenne qui existe, pendant la durée d'une vibration, dans un espace d'onde normal, à une distance *quelconque*, peut être immédiatement déduite de la valeur de I. Nous avons en effet pour cette énergie :

$$\begin{aligned}
 U &= \int I dv = 2 \pi l \int_r^{r+\lambda} I r dr \\
 &= \pi \varrho_0 C^2 l \int_r^{r+\lambda} \left(k^2 + \frac{5}{64r^2} \right) dr \\
 &= \pi \varrho_0 C^2 l \left(k^2 r - \frac{5}{64r} \right)_r^{r+\lambda} \\
 &= \varrho_0 \pi l C^2 \left(\frac{4 \pi^2}{\lambda} + \frac{5 \lambda}{64 r (r + \lambda)} \right) \dots \dots \dots (IX).
 \end{aligned}$$

formule qui, pour de grandes valeurs de r , se confond avec (VII).

Au sujet du décroissement de U, lorsque r augmente, je renvoie à mon précédent Mémoire ¹⁾.

En ce qui concerne le partage des deux énergies E et T, nous avons vu que pour un élément de volume

$$d v = 2 \pi l r d r,$$

r étant croissant, E et T ont la même limite, exprimée par (VIII). Des formules (13) et (14), combinées avec (7) et (8), il ressort que, pour r quelconque, dT est toujours plus grand que dE; en se bornant aux trois premiers termes de dE et de dT, on trouve pour l'énergie *moyenne*, pendant la durée d'une vibration, dans un espace d'onde normal:

$$E = \varrho_0 \pi l C^2 \int_r^{r+\lambda} \left(\frac{1}{2} k^2 + \frac{1}{128} \frac{1}{r^2} \right) d r$$

$$= \varrho_0 \pi l C^2 \left\{ \frac{2 \pi^2}{\lambda} + \frac{1}{128} \frac{\lambda}{r(r + \lambda)} \right\} \dots \dots \dots (X).$$

$$T = \varrho_0 \pi l C^2 \int_r^{r+\lambda} \left(\frac{1}{2} k^2 + \frac{9}{128} \frac{1}{r^2} \right) d r$$

$$= \varrho_0 \pi l C^2 \left\{ \frac{2 \pi^2}{\lambda} + \frac{9}{128} \frac{\lambda}{r(r + \lambda)} \right\} \dots \dots \dots (XI)$$

où l'on voit que T > E, tandis que la somme de E et T concorde avec la valeur donnée par (IX).

Examinons enfin le *timbre* des tons composés, comme nous l'avons fait précédemment pour les ondes sphériques ²⁾; nous aurons pour l'intensité du p^e ton partiel, en vertu de (VI):

$$I_p = \frac{A_p}{r \lambda^2 p} \left\{ 4 \pi^2 + \frac{5}{64} \left(\frac{\lambda_p}{r} \right)^2 \right\};$$

¹⁾ Arch. Néerl., t. X, p. 157.

²⁾ Arch. Néerl., t. X, p. 160.

par conséquent pour le timbre, en faisant $4 \pi^2 = c^2$ et $\frac{5}{64} = \mu$:

$$\alpha_p = \frac{I_p}{I} = \left(\frac{\lambda A_p}{\lambda_p A} \right)^2 \left\{ \frac{c^2 r^2 + \mu \lambda^2 p}{c^2 r^2 + \mu \lambda^2} \right\}.$$

Si les tons supérieurs sont harmoniques, on a $\lambda_p = \frac{1}{p} \lambda$; posons de nouveau $A_p = k A$, il vient:

$$\alpha_p = k^2 \left\{ \frac{c^2 r^2 p^2 + \mu \lambda^2}{c^2 r^2 + \mu \lambda^2} \right\};$$

c'est-à-dire, près de la source:

$$r = 0 \quad \alpha_p^0 = k^2,$$

et à grande distance:

$$r = \infty \quad (\alpha_p) = p^2 k^2$$

ou

$$(\alpha_p) = \left(\frac{\lambda A_p}{\lambda_p A} \right)^2 = \frac{\lambda^2}{\lambda_p^2} \alpha_p^0,$$

de sorte que l'intensité relative du p^e ton partiel est p^2 fois plus grande à distance que tout près de la source.

Bien que ceci ne soit rigoureusement vrai que pour une distance infinie, la loi est déjà passablement satisfaite à une distance relativement courte. Nous obtenons donc ici les mêmes résultats que pour les ondes sphériques qui s'étendent autour d'un point, et nous renvoyons en conséquence, pour plus de détails, à ce que nous avons dit en traitant de ce dernier cas.

UTRECHT, Avril 1875.

SUR

L'ÉQUILIBRE D'UNE GOUTTE

ENTRE DEUX PLAQUES HORIZONTALES,

PAR

J. BOSSCHA.

1. Les conditions d'équilibre d'un liquide soumis à l'action de forces moléculaires, émanant soit des parties du liquide lui-même, soit d'autres corps avec lesquels il est en contact, peuvent dans la plupart des cas être trouvées d'une manière très simple, en faisant usage de la proposition physique que l'agrandissement de la surface d'un liquide exige un certain travail, proportionnel à cet agrandissement. Cette proposition se laisse déduire du résultat final auquel Gauss a été conduit, par une étude analytique longue et difficile, dans ses *Principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu aequilibræ* (p. 65). Mais on peut aussi la faire dériver directement et sans calcul de la nature des forces moléculaires, qui, n'agissant qu'à des distances imperceptibles, ne peuvent fournir qu'au voisinage immédiat de la surface une résultante de valeur appréciable, et toujours dirigée suivant la normale à la surface.

Pour l'application du principe des vitesses virtuelles à l'équilibre des forces moléculaires, la proposition susdite permet d'exprimer le moment virtuel des forces moléculaires par le produit d'une grandeur constante et de l'agrandissement de la surface, déterminé par un dérangement infiniment petit du système dont on veut

connaître les conditions d'équilibre. Dans mon *Traité élémentaire de physique (Leerboek der Natuurkunde)*, au chapitre des forces moléculaires, j'ai montré avec quelle simplicité on peut résoudre, à l'aide de cette proposition, plusieurs problèmes concernant les actions capillaires.

Le cas suivant d'équilibre en fournit un nouvel exemple remarquable.

2. On demande de trouver la condition d'équilibre d'une goutte liquide, qui repose sur une plaque horizontale et est couverte par une seconde plaque horizontale, chargée d'un poids. La goutte est supposée assez grande pour que la surface du liquide, restée à découvert entre les deux plaques, puisse être regardée comme d'une étendue insensible en comparaison de la surface qui est commune au liquide et aux plaques; en d'autres termes, pour que la hauteur de la goutte soit très petite par rapport au rayon de ses bases supérieure et inférieure. Il suit de là, que les surfaces par lesquelles la goutte touche les deux plaques peuvent être regardées comme égales entre elles.

Désignons le liquide, la plaque supérieure et la plaque inférieure, dans l'ordre où nous venons de les nommer, par les indices 1, 2, et 3; conformément à la notation usuelle, K_1 est alors le travail nécessaire pour agrandir de l'unité carrée la surface libre du liquide, $A_{1,2}$ le travail nécessaire pour détacher de la plaque supérieure une colonne liquide ayant l'unité de section, et $A_{1,3}$ le travail nécessaire pour détacher cette colonne de la plaque inférieure. Entre ces grandeurs et les angles constants φ_2 et φ_3 , sous lesquels la surface du liquide se raccorde à la plaque supérieure et à la plaque inférieure, existent les relations connues:

$$K_1 \cos \varphi_2 = K_1 - A_{1,2}, \quad K_1 \cos \varphi_3 = K_1 - A_{1,3}.$$

Soient, en outre, h la hauteur de la goutte, O sa base supérieure et inférieure, s son poids spécifique et par conséquent shO son poids, enfin $Q = qshO$ la somme du poids de la plaque supérieure et de la charge qu'elle supporte. Si nous imaginons maintenant que la hauteur varie de la quantité dh , le moment virtuel de Q sera: $-Qdh$ ou $-qshOdh$, le moment virtuel

du poids de la goutte: — $\frac{1}{2} s h O dh$. Les bases supérieure et inférieure de la goutte subissent des agrandissements déterminés par la relation:

$$O dh = - h dO.$$

Si la surface du liquide était entièrement libre, le moment virtuel des forces moléculaires, tant à la base supérieure qu'à la base inférieure, serait, d'après la proposition rappelée au début, — $K_1 dO$, sur les deux bases — $2 K_1 dO$. Mais comme le liquide, en s'étendant, vient en contact avec les plaques, le moment virtuel est à la base supérieure: — $(K_1 - A_{1,2}) dO$, et à la base inférieure: — $(K_1 - A_{1,3}) dO$.

En cas d'équilibre, on a alors:

$$-(\frac{1}{2} + q) sh O dh - (K_1 - A_{1,2}) dO - (K_1 - A_{1,3}) dO = 0,$$

ou, en remplaçant $O dh$ par $- h dO$,

$$K_1 - A_{1,2} + K_1 - A_{1,3} = sh^2 (\frac{1}{2} + q) \dots \dots (1)$$

équation à laquelle on peut substituer celle-ci:

$$K_1 \cos \varphi_2 + K_1 \cos \varphi_3 = sh^2 (\frac{1}{2} + q) \dots \dots (2)$$

3. La valeur de h devient imaginaire lorsque les deux angles de raccordement φ_2 et φ_3 sont obtus. Elle le devient également lorsqu'on a: $2 K_1 = A_{1,2}$ ou $2 K_1 = A_{1,3}$, c'est-à-dire, lorsque le liquide s'étend soit sur la plaque supérieure soit sur la plaque inférieure.

Pour le mercure, entre deux plaques de verre, on a:

$$2 K_1 \cos \varphi = sh^2 (\frac{1}{2} + q) \dots \dots \dots (3)$$

φ représentant l'angle de raccordement du mercure avec le verre.

Si la plaque supérieure est supprimée, ce qui fait disparaître $A_{1,2}$ et q , on obtient:

$$K_1 + K_1 \cos \varphi = \frac{1}{2} s h_1^2 \dots \dots \dots (4)$$

A l'aide de ces deux dernières équations, on peut calculer la valeur de la constante moléculaire K_1 du mercure et l'angle φ , lorsque h et h_1 ont été mesurés. Elles offrent l'avantage qu'on peut multiplier les observations, en modifiant la charge.

4. Comme exemple de cette détermination, je citerai l'expérience suivante. Un poids de 132595 milligrammes de mercure distillé dans le vide fut versé sur une plaque de verre horizontale, de manière à former une goutte à contour à peu près circulaire. La hauteur de cette goutte, mesurée au moyen du sphéromètre, fut trouvée égale à $3^{\text{mm}},343$.

La goutte étant couverte d'une plaque de verre pesant 2311 milligrammes, la hauteur de la surface supérieure de la plaque au-dessus du plan horizontal sur lequel reposait la goutte était de $3^{\text{mm}},085$. Retranchant l'épaisseur de la plaque de verre, savoir $0^{\text{mm}},295$, on obtient pour la hauteur de la goutte couverte, $2^{\text{mm}},790$. On a donc :

$$\begin{aligned} h &= 2,790 \\ h_1 &= 3,343 \\ s &= 13,59 \\ q &= \frac{2311}{132595} = 0,017 \end{aligned}$$

et par suite :

$$\begin{aligned} 2 K_1 \cos \varphi &= 13,59 (2,790)^2 0,517 = 54,59 \\ K_1 + K_1 \cos \varphi &= \frac{1}{2} 13,59 (3,343)^2 = 75,80 \end{aligned}$$

d'où :

$$\begin{aligned} K_1 &= 48,51 \\ \varphi &= 55^{\circ}44'. \end{aligned}$$

En employant des plaques de verre très minces, de sorte que leur poids soit négligeable auprès de celui de la goutte, l'aplatissement de la goutte, qui résulte de la superposition de la plaque, est encore très sensible. On trouve en effet pour $q = 0$, avec les constantes que nous venons de déterminer, $h = 2^{\text{mm}},837$. La dépression brusque d'environ un demi-millimètre qu'éprouve une large goutte de mercure au moment où elle vient en contact avec une mince lame de verre, libre de suivre le mouvement du mercure, est bien propre à illustrer l'attraction moléculaire de ces deux corps.

Dans sa *Nouvelle théorie de l'action capillaire* (p. 210), Poisson, traitant le problème par la voie de l'analyse, obtient pour la

hauteur k d'une goutte entre deux plaques horizontales égales l'expression :

$$K = a \sqrt{\frac{g \varrho v \cos \omega}{\omega}}.$$

Dans la notation de Poisson, $a^2 g \varrho$ est $= H$, et cette dernière grandeur correspond au double de la constante moléculaire que nous avons appelée K_1 . En outre, ω est l'angle de raccordement, que nous avons désigné par φ , v le volume du liquide, ω le poids de la plaque supérieure. Ecrite avec les notations employées par nous, l'équation de Poisson devient :

$$h = \sqrt{\frac{2 K_1 v \cos \varphi}{Q}} = \sqrt{\frac{2 K_1 \cos \varphi}{s q}},$$

tandis que nous avons trouvé :

$$h = \sqrt{\frac{2 K_1 \cos \varphi}{s (\frac{1}{2} + q)}}.$$

Mais, si l'on examine le calcul de Poisson, on voit que, dans sa formule finale, il n'a pas tenu compte du poids du liquide. Poisson obtient en effet la relation :

$$\omega = \pi g \varrho r \left[\left(\frac{a^2 \cos \omega}{k} - \frac{1}{2} k \right) r - a^2 \sin \omega \right]$$

dans laquelle il néglige ensuite les deux derniers termes du second membre. Le premier de ces deux termes, à savoir $\frac{1}{2} g \varrho \pi r^2 k$, est le demi-poids de la goutte. Le second représente l'influence qu'exerce sur la condition d'équilibre la surface libre du liquide entre les plaques. Il n'entre pas dans notre calcul, parce que nous avons supposé que le quotient de la hauteur par le rayon de la base supérieure avait une valeur insensible. Il serait facile d'ailleurs d'en tenir compte dans notre calcul.

Imaginons, en effet, que la plaque supérieure s'élève; la surface libre du liquide, entre les plaques, deviendra alors plus grande. Le point a , où le méridien de cette surface se raccorde à la plaque supérieure sous l'angle φ , s'élève de la quantité dh . Une normale abaissée de a sur le méridien dans sa position nou-

velle fait avec dh l'angle φ , et la longueur comprise entre le pied de la normale et le nouveau point de raccordement est $dh \sin \varphi$. Tel est l'agrandissement qu'éprouve le méridien. La surface entière grandit donc de $2\pi r \sin \varphi dh$. Le moment virtuel des forces moléculaires à la surface libre du liquide est par suite : — $2\pi r \sin \varphi K_1 dh$ ou $\frac{2\pi r \sin \varphi K_1 h}{0} d0$, de sorte que, en le comprenant dans notre calcul, nous obtiendrons, au lieu de l'éq. (3):

$$2 K_1 \cos \varphi - \frac{2\pi r \sin \varphi K_1 h}{0} - s h^2 \left(\frac{1}{2} + q\right)$$

ou :

$$q s h^2 0 = 2 K_1 0 \cos \varphi - \frac{1}{2} s h^2 0 - 2\pi r K_1 h \sin \varphi.$$

En faisant ici $2 K_1 = H = a^2 g e$, $q s h 0 = \omega$, $h = k$, $\varphi = \omega$ et $s = g e$, on obtient l'équation complète de Poisson. Dans la notation adoptée par nous, la relation (3), savoir :

$$2 K_1 \cos \varphi = s h^2 \left(\frac{1}{2} + q\right),$$

devrait être remplacée par celle-ci :

$$2 K_1 \left(\cos \varphi - \frac{h}{r} \sin \varphi \right) = s h^2 \left(\frac{1}{2} + q\right),$$

qui ne diffère de la précédente que par le très petit second terme du premier membre.

4. Représentons-nous la goutte coupée par un plan horizontal, à une distance x de la base supérieure. Soit θ l'angle que le méridien de la surface libre du liquide fait avec le plan coupant. La partie de la goutte située au-dessus du plan a alors évidemment la même forme qu'aurait une goutte de la même grandeur, couverte par la même plaque de dessus, mais qui reposerait sur une plaque horizontale avec laquelle le liquide ferait l'angle de raccordement θ . Entre θ et x il doit donc exister, d'après (2), la relation :

$$K_1 \cos \varphi_2 + K_1 \cos \theta = s x^2 \left(\frac{1}{2} + q\right) \dots \dots \dots (5)$$

Cette équation, qui fait connaître la relation entre l'angle θ , qu'un élément du méridien forme avec un plan horizontal, et la

distance x de cet élément à la base supérieure de la goutte, est l'équation différentielle de la surface.

Combinée avec l'équation (2), elle donne :

$$\frac{\cos \varphi_2 + \cos \theta}{\cos \varphi_2 + \cos \varphi_3} = \frac{x^2}{h^2} \dots \dots \dots (6)$$

7. Lorsque la plaque supérieure est supprimée, on a $A_{1,2} = 0$ et $\varphi_2 = 0$. L'équation de la surface devient alors :

$$\frac{(1 + \cos \theta)}{(1 + \cos \varphi_3)} = \frac{x^2}{h^2} \dots \dots \dots (7)$$

Sur le parallèle de la plus grande largeur, l'élément du méridien est vertical et, par conséquent, $\cos \theta = 0$. En nommant a la distance de ce parallèle à la face supérieure, on a :

$$\frac{1}{1 + \cos \varphi_3} = \frac{a^2}{h^2},$$

de sorte que, au lieu de (7), on peut aussi écrire :

$$x = a \sqrt{1 + \cos \theta} \dots \dots \dots (8)$$

On trouve cette équation dans un Mémoire de M. Quincke ¹⁾, où elle est déduite de la condition que la courbure moyenne, en un point quelconque, soit proportionnelle à la profondeur de ce point au-dessous de la face supérieure.

La valeur de a se déduit de la formule (4), savoir,

$$K_1 + K_1 \cos \varphi = \frac{1}{2} s h_1^2.$$

En y faisant $\varphi = 90$, h_1 sera la distance à la face supérieure de l'élément vertical du méridien. On a donc :

$$\frac{2 K_1}{s} = a^2.$$

Pour le mercure, d'après l'expérience de la page 470, a serait 2^{mm},67.

8. Concevons un tube de verre vertical d'une grande largeur plongé dans la goutte. Le tube découpera dans la goutte une portion circulaire, qui formera avec les parois du tube l'angle

¹⁾ Pogg. Ann., CXXXIX, p. 6.

de raccordement φ . Le mercure intérieur présentera la forme de la partie supérieure d'une large goutte de ce métal, depuis son sommet jusqu'au parallèle où l'élément du méridien forme un angle égal à φ avec la verticale, ou un angle $90 + \varphi$ avec l'horizon. En substituant cette dernière valeur à θ dans la formule (8), ou à φ dans la formule (4), on obtient pour la distance d de ce parallèle au sommet de la goutte:

$$d = a \sqrt{1 - \sin \varphi} = \sqrt{\frac{2 K_1}{s} (1 - \sin \varphi)}.$$

Cette formule donne la hauteur du ménisque dans des tubes très larges, ou la dépression d'une surface mercurielle en contact avec une paroi de verre.

9. Si le liquide n'éprouve aucune espèce d'attraction de la part des deux plaques, c'est-à-dire, si l'on a à la fois A_{12} et $A_{13} = 0$, on trouve:

$$2 K_1 = \frac{1}{2} s h^2 \dots \dots \dots (9)$$

$$K_1 = \frac{1}{2} s a^2 \dots \dots \dots (10)$$

d'où il suit:

$$h = a \sqrt{2}.$$

Ce cas est réalisé dans l'expérience de Leidenfrost, où une goutte à l'état sphéroïdal repose sur un coussin de vapeur et où les bases supérieure et inférieure sont toutes les deux horizontales. On obtient une goutte d'air renversée de la même forme, en laissant monter une bulle d'air dans un liquide jusqu'à la rencontre d'une plaque horizontale que le liquide humecte parfaitement. C'est à peu près dans ce cas que se trouve la bulle d'air d'un niveau dit à boîte. La surface commune du liquide et de l'air se raccorde alors par un angle $= 0$ à la plaque horizontale mouillée. Les deux relations simples (9) et (10) fournissent un moyen de déterminer la constante K_1 par la mesure de a ou de h . M. Quincke s'est servi de ce moyen, mais en faisant usage seulement de la relation entre a et K_1 . Cependant les mesures de la hauteur totale de la bulle d'air offrent plus de garanties d'exactitude que les mesures de la distance verticale entre le parallèle

de plus grande largeur et le point le plus bas de la bulle. Effectivement, en prenant la première de ces deux grandeurs pour base du calcul, on trouve un accord plus grand avec la valeur de la constante moléculaire, telle qu'elle a été déduite par M. Quincke de la hauteur d'ascension dans les tubes capillaires; c'est ce que montrent les chiffres suivants calculés d'après les données des expériences de M. Quincke:

	Constante moléculaire déduite:		
	de la hauteur d'ascension.	de h .	de a .
Hyposulfite de soude . .	7,636	7,571	7,903
Eau	7,235	7,352	8,253
Sulfure de carbone . . .	3,343	3,026	3,274
Huile d'olive	3,271	3,625	3,260
Essence de térébenthine	2,765	2,715	3,033
Pétrole	2,566	2,916	3,233
Alcool	2,237	2,479	2,995

SUR
UN CAS DE DISCONTINUITÉ,

PAR

L. COHEN STUART.

Beaucoup de mathématiciens admettent tacitement, et quelques-uns l'énoncent en termes formels, que si, x variant d'une manière continue, $f(x)$ change subitement de valeur, cela implique toujours, pour la fonction dérivée $f'(x)$, une rupture de continuité,

à savoir, par le passage à l'infini; en conséquence, que $\int_a^b f'(x) dx$,

regardé comme la valeur que prend $\sum f'(x) \Delta x$ lorsque x croît de a à b et que Δx tend indéfiniment vers zéro, pourrait être posé égal à $f(b) - f(a)$, aussi longtemps que $f'(x)$ reste fini.

Un exemple, propre à montrer que cela n'est pas vrai d'une manière absolument générale, et donnant d'ailleurs lieu à des remarques qui méritent peut-être quelque attention, est fourni par la discontinuité de $f(x) = e^{-\frac{1}{x}}$ (comme cas particulier de r^{-sx}) pour $x = 0$.

Pour δ positif et tendant indéfiniment vers 0, on a $f(-\delta) = 1$ et $f(\delta) = 0$; néanmoins on trouve, sans aucune discontinuité:

$$f'(x) = e^{-\frac{1}{x}} \cdot \frac{1}{x^2} \quad , \quad f'(-\delta) = f'(\delta) = 0.$$

En outre, bien que $f'(x)$ reste fini,

$$\int_{-a}^b f'(x) dx = \int_{-a}^{-\varepsilon} f'(x) dx + \int_{\varepsilon'}^b f'(x) dx,$$

pour a et b positifs et ε et ε' positifs et tendant indéfiniment vers 0, n'est pas égal à $f(b) - f(-a)$, mais égal à $f(b) - f(-a) + 1$.

La marche de la courbe $y = f(x)$ est représentée par la fig. 1 (Pl. XIV), où $OA = 1$; celle de la courbe $y = f'(x)$, par la fig. 2. Les deux branches de la courbe $y = f(x)$ ont la ligne $y = \frac{1}{e} = OE$ pour asymptote; comme il est facile de reconnaître que $\frac{1 - f(-5)}{\delta^n}$

et $\frac{f(\delta)}{\delta^n}$, quelque grand que soit n , approchent indéfiniment de 0 en même temps que δ , ces branches ont, pour $x = 0$, respectivement avec les lignes $y = 1$ et $y = 0$, un contact de l'ordre ∞ . La courbe $y = f'(x)$ a la ligne $y = 0$ pour asymptote, et présente également avec celle-ci, pour $x = 0$, un contact de l'ordre ∞ .

A droite et de même à gauche de l'axe des y , on a: aire $m\mu'n\nu'$ (fig. 2) $= n\nu - m\mu$ (fig. 1); c'est-à-dire:

$$\int_m^n f'(x) dx = f(n) - f(m).$$

Par contre, on a: aire $a\alpha'b\beta'$ $= (OA - a\alpha) + (b\beta - 0) = b\beta - a\alpha + 1$; c'est-à-dire, comme il a été remarqué plus haut,

$$\int_{-a}^b f'(x) dx = f(b) - f(-a) + 1.$$

Le rapport entre la différence des ordonnées de la courbe $y = f(x)$ et l'aire déterminée par les ordonnées correspondantes de la courbe $y = f'(x)$, rapport qui est ici rompu, se laisse

remplacer par un autre. Si l'on remarque que $OE - b\beta$ est égal à l'aire qui s'étend à l'infini à droite de $b\beta'$, et $a\alpha - OE$ égal à l'aire qui s'étend à l'infini à gauche de $a\alpha'$, on reconnaît que $a\alpha - b\beta$ est égal à la somme des aires à droite de $b\beta'$ et à gauche de $a\alpha'$; c'est-à-dire :

$$f(-a) - f(b) = \int_b^{+\infty} f'(x) dx + \int_{-\infty}^{-a} f'(x) dx,$$

expression pour laquelle on serait aisément tenté d'écrire :

$$f(-a) - f(b) = \int_b^{-a} f'(x) dx \quad (b, \pm \infty, -a).$$

La possibilité, là où la différence des valeurs de l'intégrale indéfinie perd sa signification ordinaire d'intégrale définie, de faire apparaître cette différence de la manière indiquée, se présente fréquemment. De $\int \frac{dx}{x^2} = -\frac{1}{x} + \text{const.}$ on ne peut pas conclure

$$\int_{-1}^1 \frac{dx}{x^2} = -2, \text{ mais on a bien } 2 = \int_1^{+\infty} \frac{dx}{x^2} + \int_{-\infty}^{-1} \frac{dx}{x^2}.$$

Chaque fois que pour toutes les valeurs de $x < x_1$, on a $\int_x^{x_1} f(x) dx = f(x_1) - f(x)$, et pour toutes les valeurs de $x > x_2$ ($x_2 > x_1$), $\int_{x_2}^x f'(x) dx = f(x) - f(x_2)$, et que, en outre, $f(-x)$ et $f(x)$ tendent indéfiniment vers la même limite lorsque x croît indéfiniment, — chaque fois qu'il en est ainsi, on a, en dépit de toute rupture de continuité entre x_1 et x_2 :

$$f(x_1) - f(x_2) = \int_{x_2}^{+\infty} f'(x) dx + \int_{-\infty}^{x_1} f'(x) dx \dots (1)$$

En effet, h étant $< x_1 < x_2 < k$, si pour x compris entre h et x_1 on a $\int_x^{x_1} \varphi'(x) dx = \varphi(x_1) - \varphi(x)$, et pour x compris entre

x_2 et k , $\int_{x_2}^x \psi'(x) dx = \psi(x) - \psi(x_2)$, et en outre $\varphi(h) = \psi(k)$,

on a d'une manière tout à fait générale l'équation identique

$$\begin{aligned} \varphi(x_1) - \psi(x_2) &= \psi(k) - \psi(x_2) + \varphi(x_1) - \varphi(h) \\ &= \int_{x_2}^k \psi'(x) dx + \int_h^{x_1} \varphi'(x) dx \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

dont l'équation (1) ne forme qu'un cas particulier.

Si, dans le cas de l'équation (1), on remplace x par $\frac{1}{z}$, et qu'on pose $f(x) = F(z)$, on a, pour le cas où ξ_1 et ξ_2 sont tous les deux $> x_2$ ou tous les deux $< x_1$,

$$f(\xi_2) - f(\xi_1) = \int_{\xi_1}^{\xi_2} f'(x) dx;$$

et pour $\xi_1 < x_1$ et $\xi_2 > x_2$, en posant $\frac{1}{\xi_1} = \zeta_1$ et $\frac{1}{\xi_2} = \zeta_2$,

$$f(\xi_2) - f(\xi_1) = \int_{\zeta_1}^{\zeta_2} F'(z) dz.$$

Il ne faut toutefois voir dans ces équations que ce qui s'y trouve réellement, — une simple conséquence de l'identité (2) et de la circonstance, fréquente il est vrai, mais pourtant accessoire et en quelque sorte accidentelle, qu'on a $f(-\infty) = f(+\infty)$.

Si, abstraction faite de cette circonstance spéciale, on veut, pour la fonction ci-dessus considérée, rendre à $f(b) - f(-a)$

le caractère d'intégrale définie de $f'(x) dx$ et supprimer la discontinuité, on a pour cela un moyen bien connu.

On remplacera x par $\varrho (\cos \omega + i \sin \omega)$, et on intégrera par rapport à ϱ et ω , en évitant $\varrho = 0$, entre les limites $\varrho = a$, $\omega = (2k + 1)\pi$ et $\varrho = b$, $\omega = 2k'\pi$, où k et k' sont des nombres entiers.

C'est ainsi, par exemple, que pour $a = b = 1$, si l'on prend $\varrho = \text{const.} = 1$, on a, sans aucune discontinuité ni équivoque:

$$f(x) = P(\cos U + i \sin U) = \varphi(\omega),$$

où

$$P = e^{-e^{\cos \omega} \cos(\sin \omega)}; \quad U = e^{\cos \omega} \sin(\sin \omega);$$

et $f'(x) dx = Q(\cos V + i \sin V) d\omega = \varphi'(\omega) d\omega,$

où

$$Q = e^{\cos \omega - e^{\cos \omega} \cos(\sin \omega)}, \quad V = \frac{\pi}{2} - \omega - \sin \omega + e^{\cos \omega} \sin(\sin \omega);$$

et

$$\begin{aligned} & \int_{-1}^{+1} f(x) dx = \int_{2(k+1)\pi}^{2k'\pi} \varphi'(\omega) d\omega \\ & = \varphi(2k'\pi) - \varphi((2k+1)\pi) \\ & = e^{-e} - e^{e-1} \\ & = f(1) - f(-1). \end{aligned}$$

Fig 1.

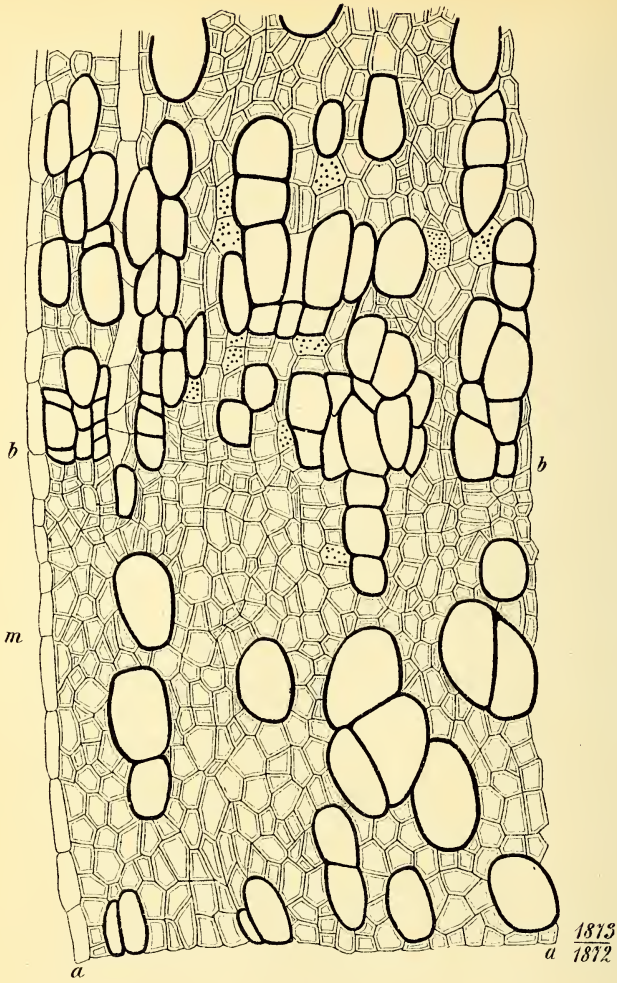


Fig. 2.

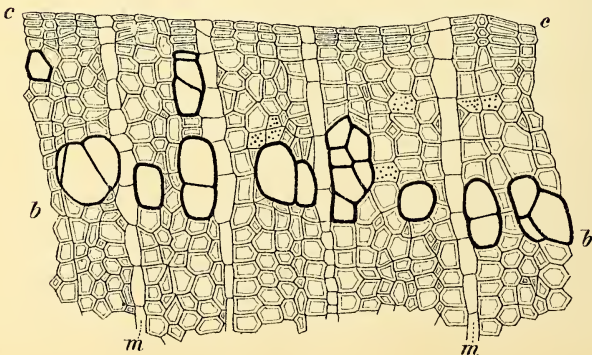


Fig. 3.

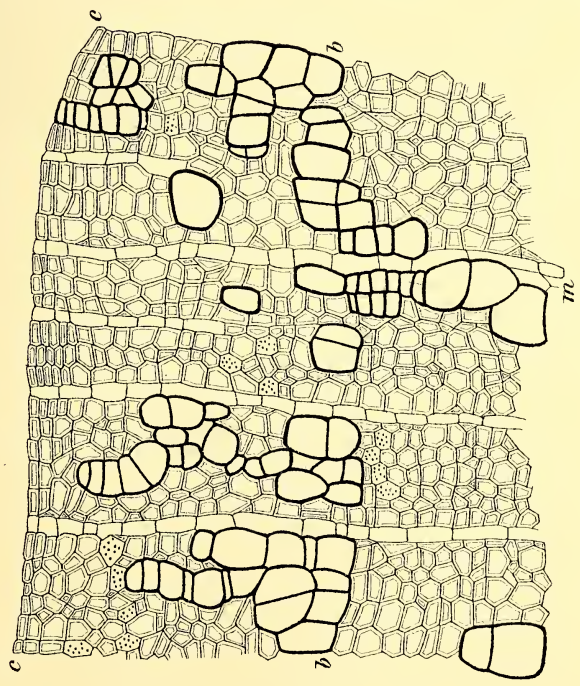


Fig. 4.

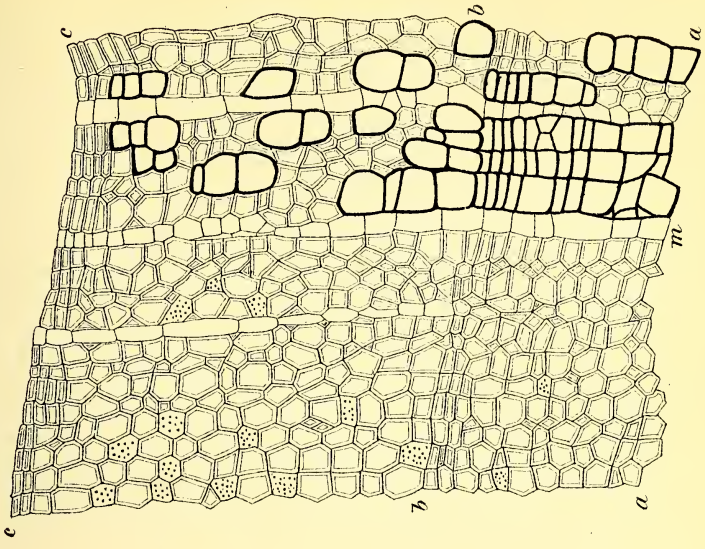


Fig. 5.

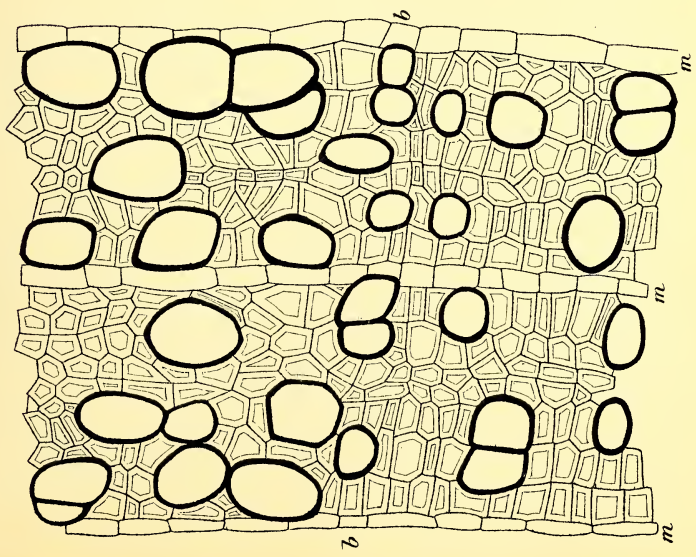


Fig. 6.

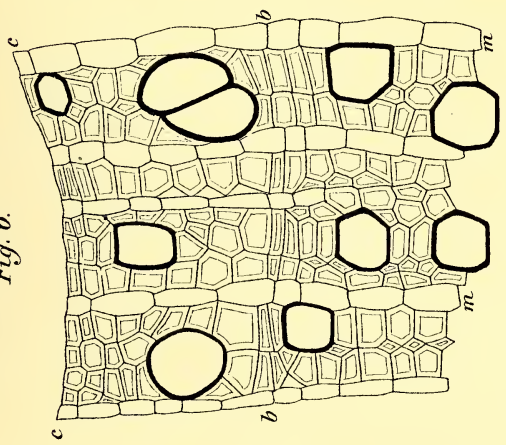


Fig. 7.

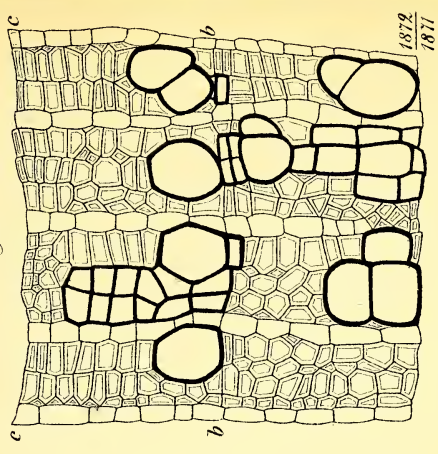


Fig. 8.

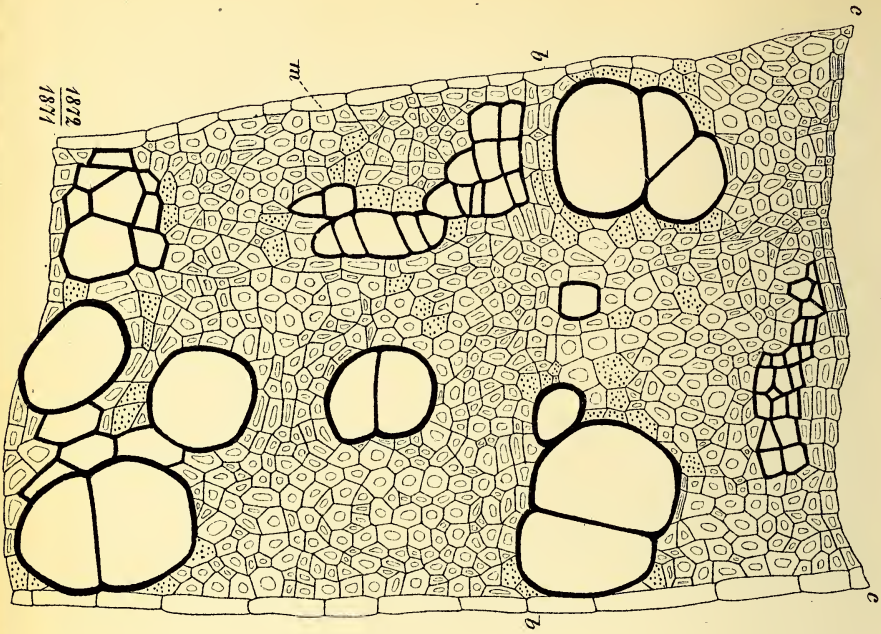
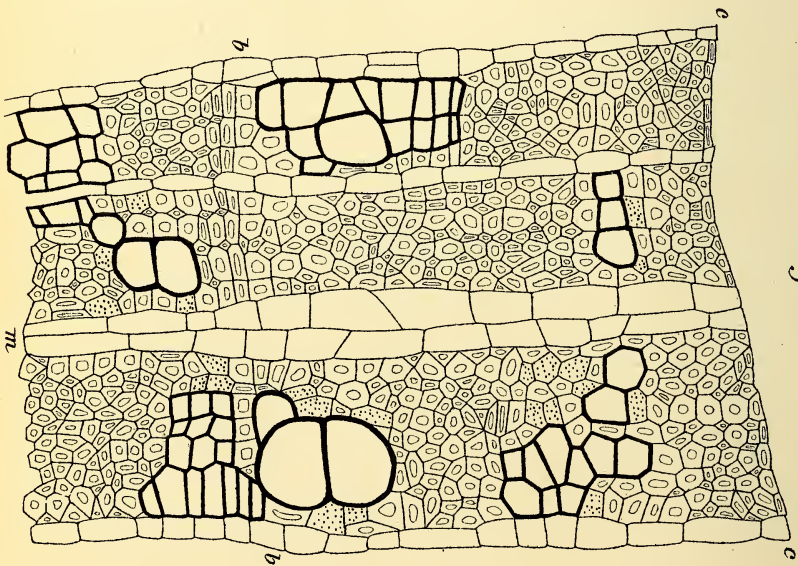


Fig. 9.



1872
1871

Fig. 10.

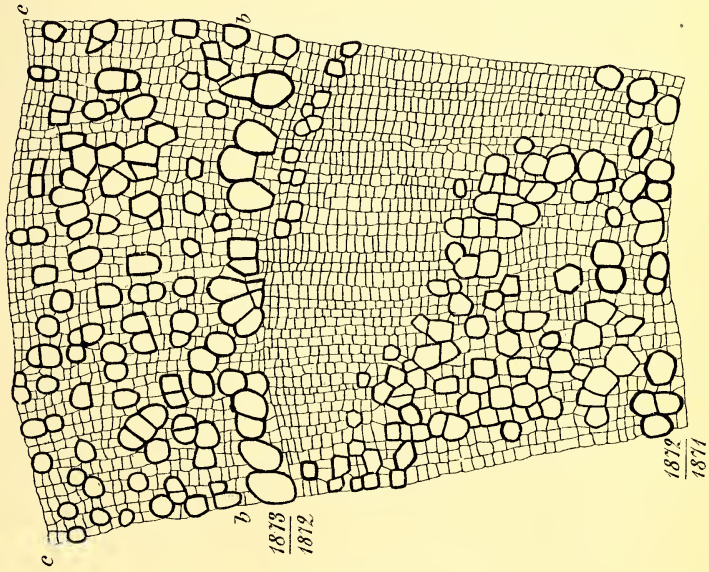


Fig. 11.

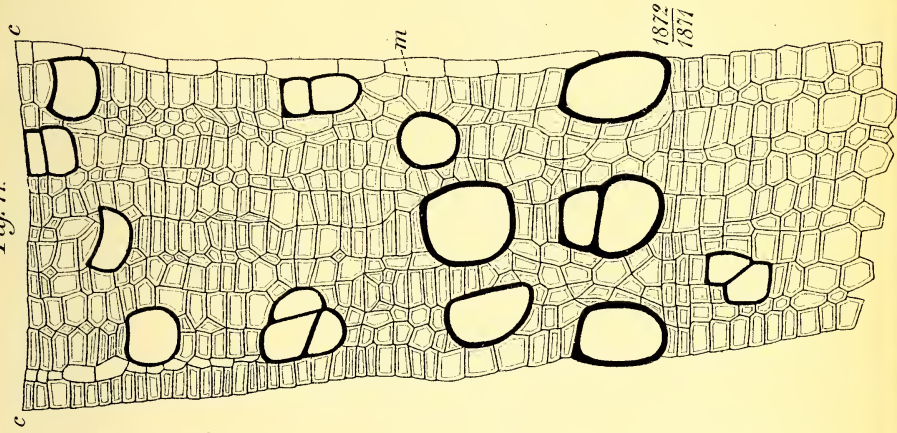




Fig. 12.

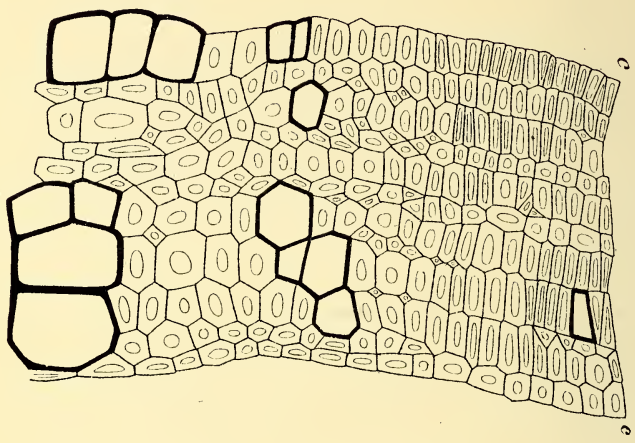


Fig. 13.

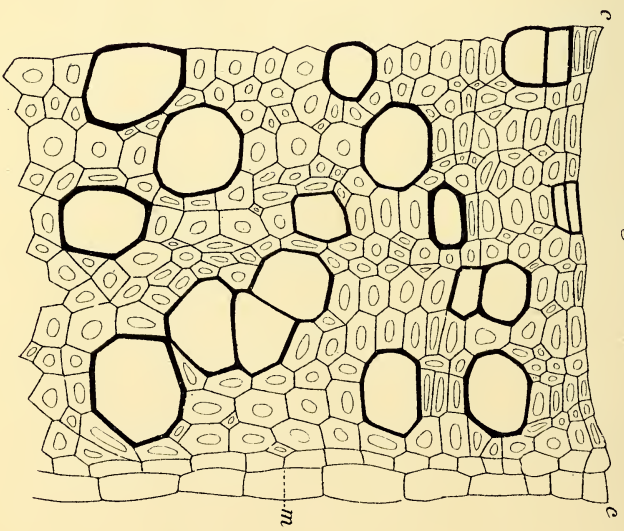
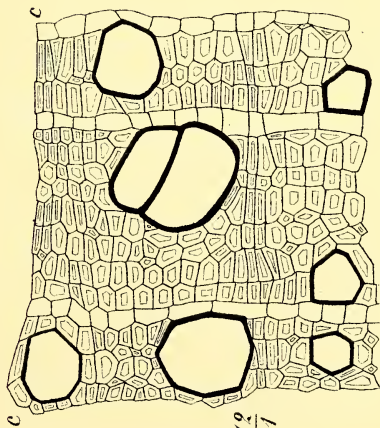
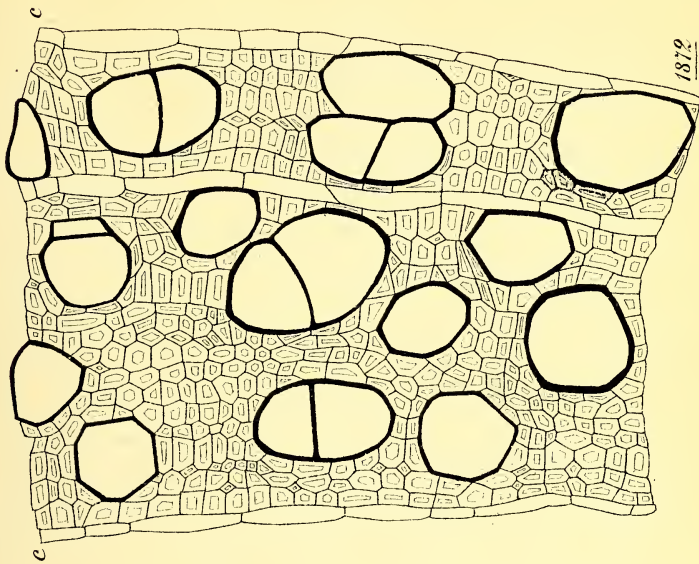


Fig. 14.



1872
1877

Fig. 15.



1872
1877

Fig. 16.

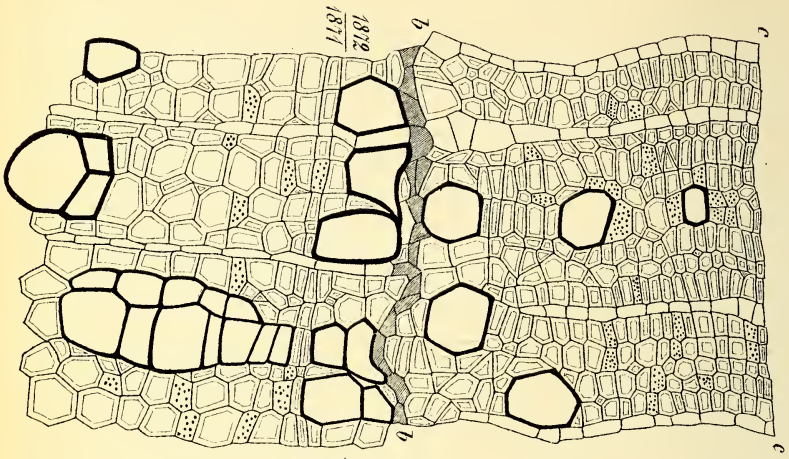


Fig. 17.

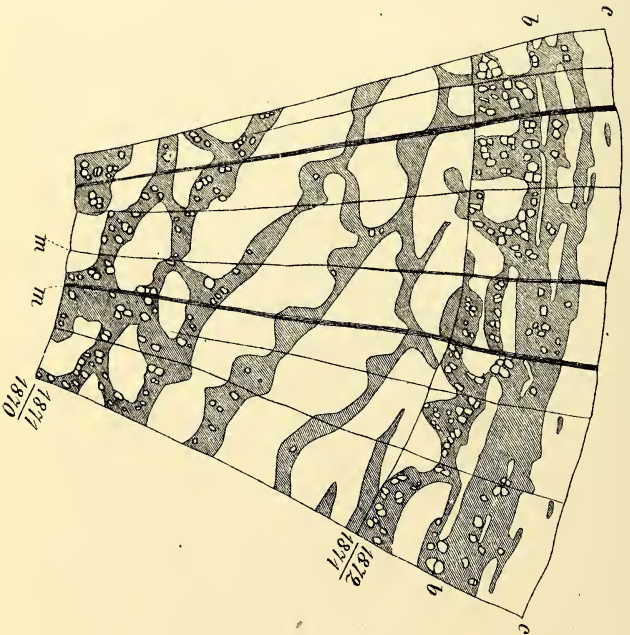


Fig. 1.

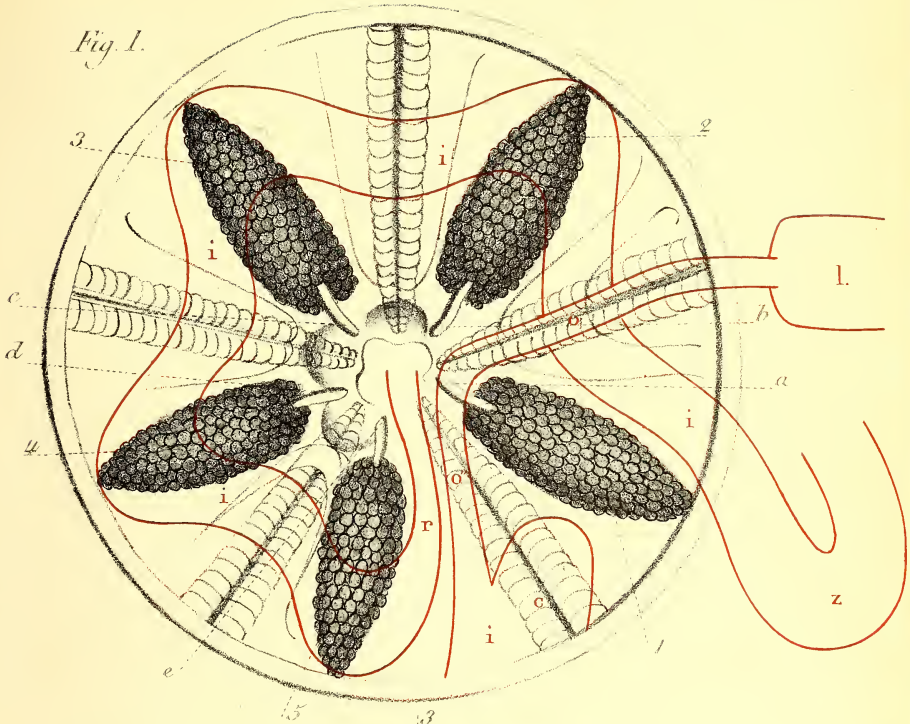
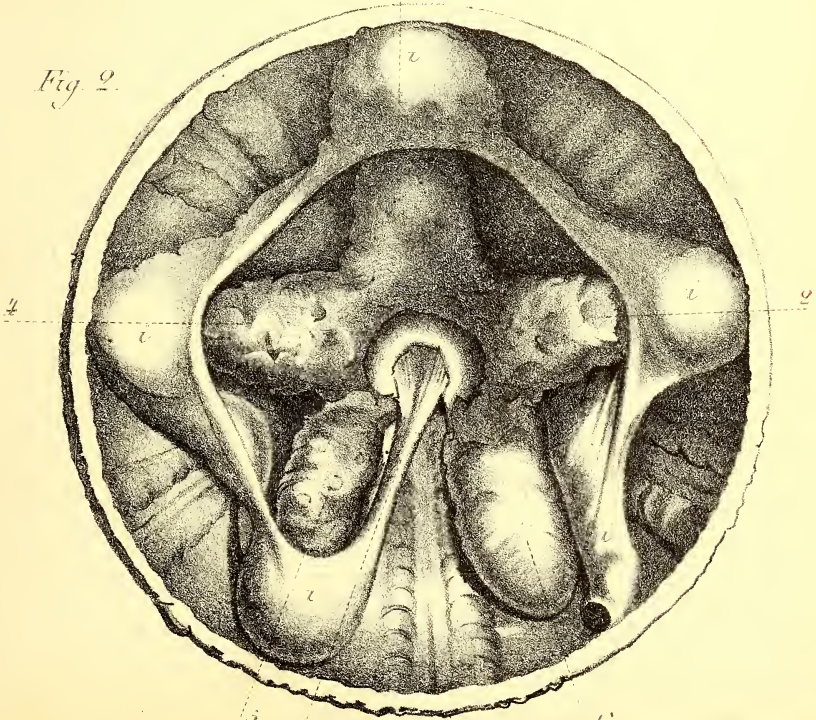


Fig. 2.



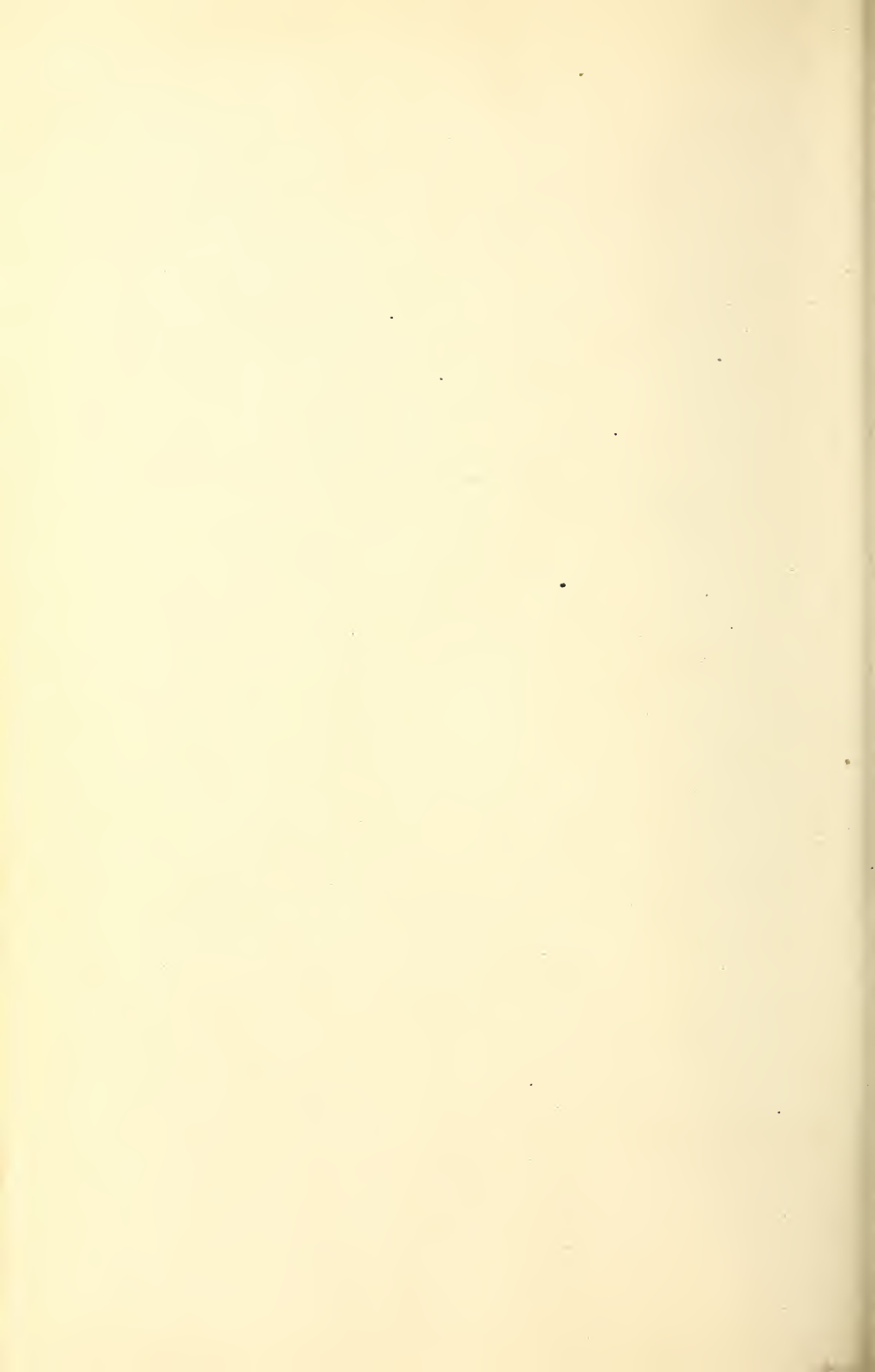


Fig. 3.

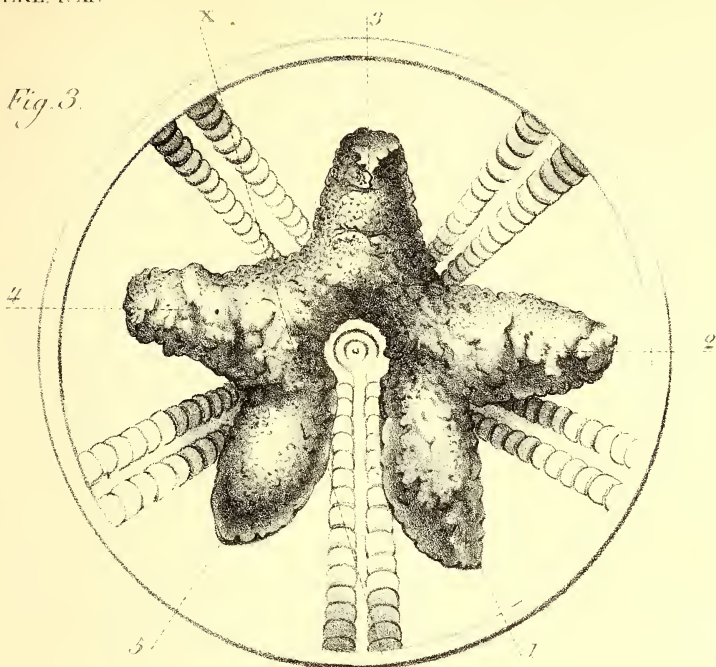


Fig. 4.

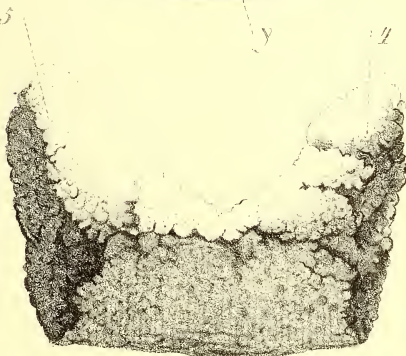
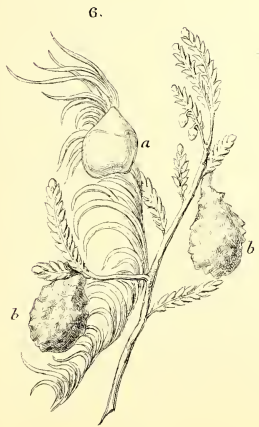
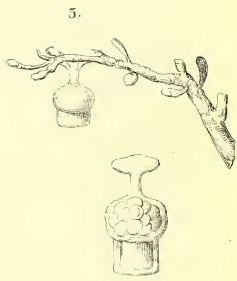
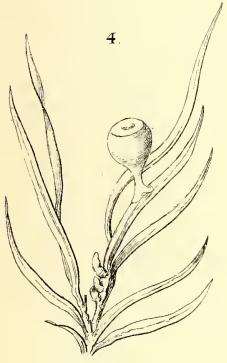


Fig. 5.







Cocon d'Agelena (Agroeca) brunnea.



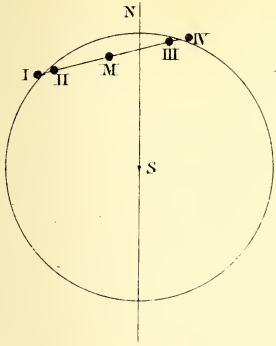


Fig. 1.

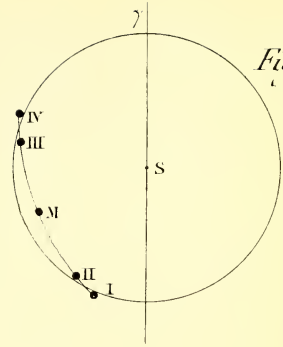


Fig. 2.

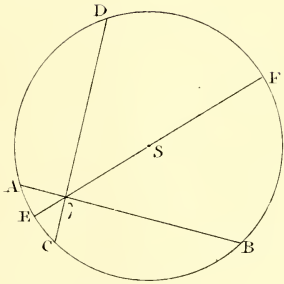


Fig. 3.

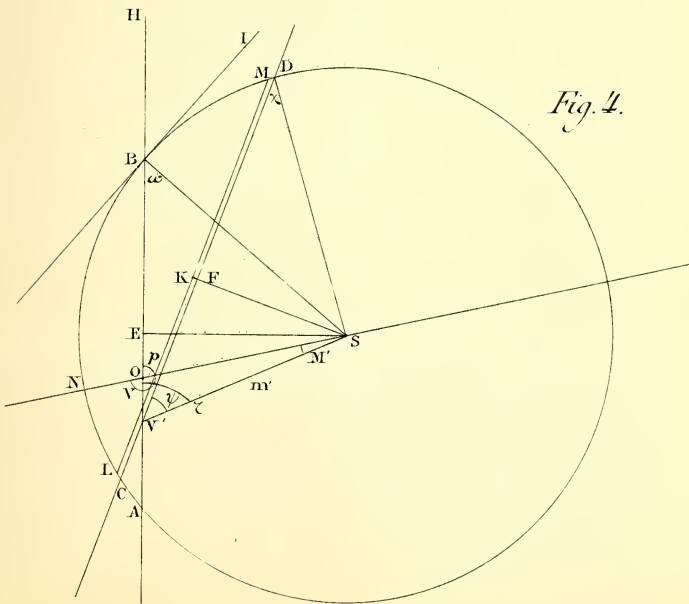


Fig. 4.



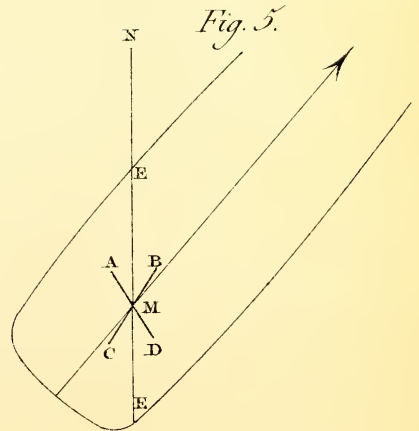
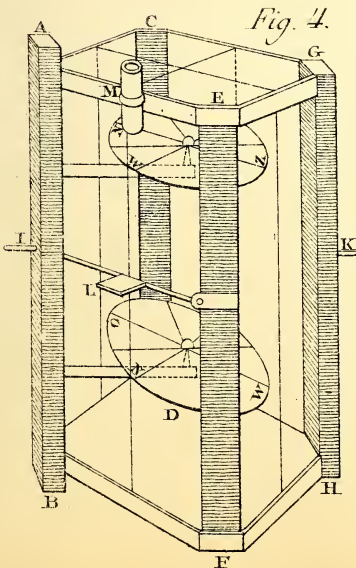
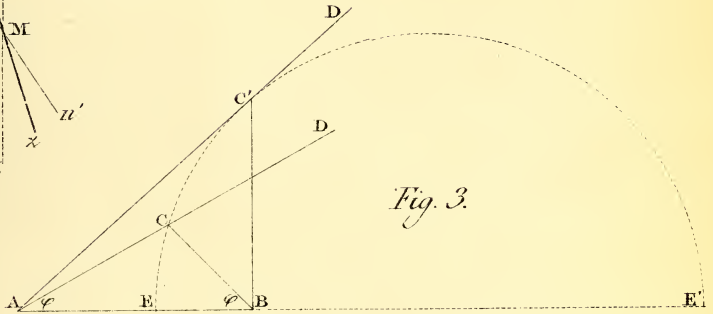
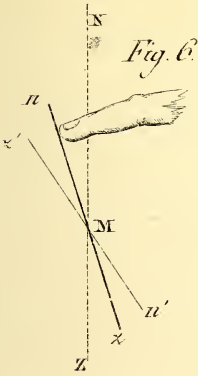
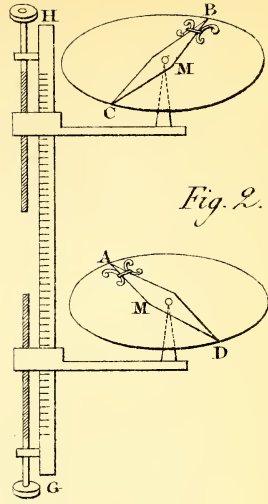
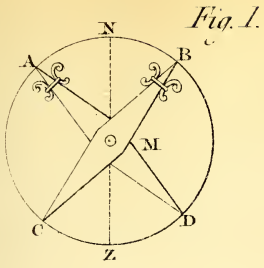




Fig. 1.

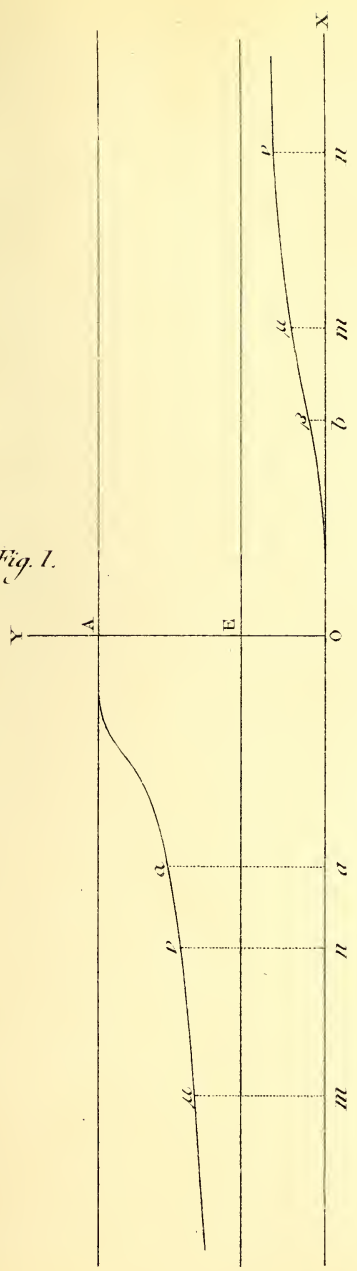
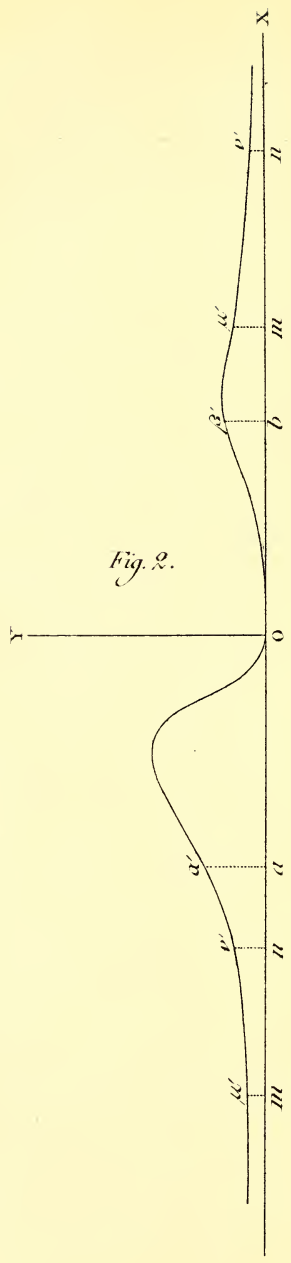
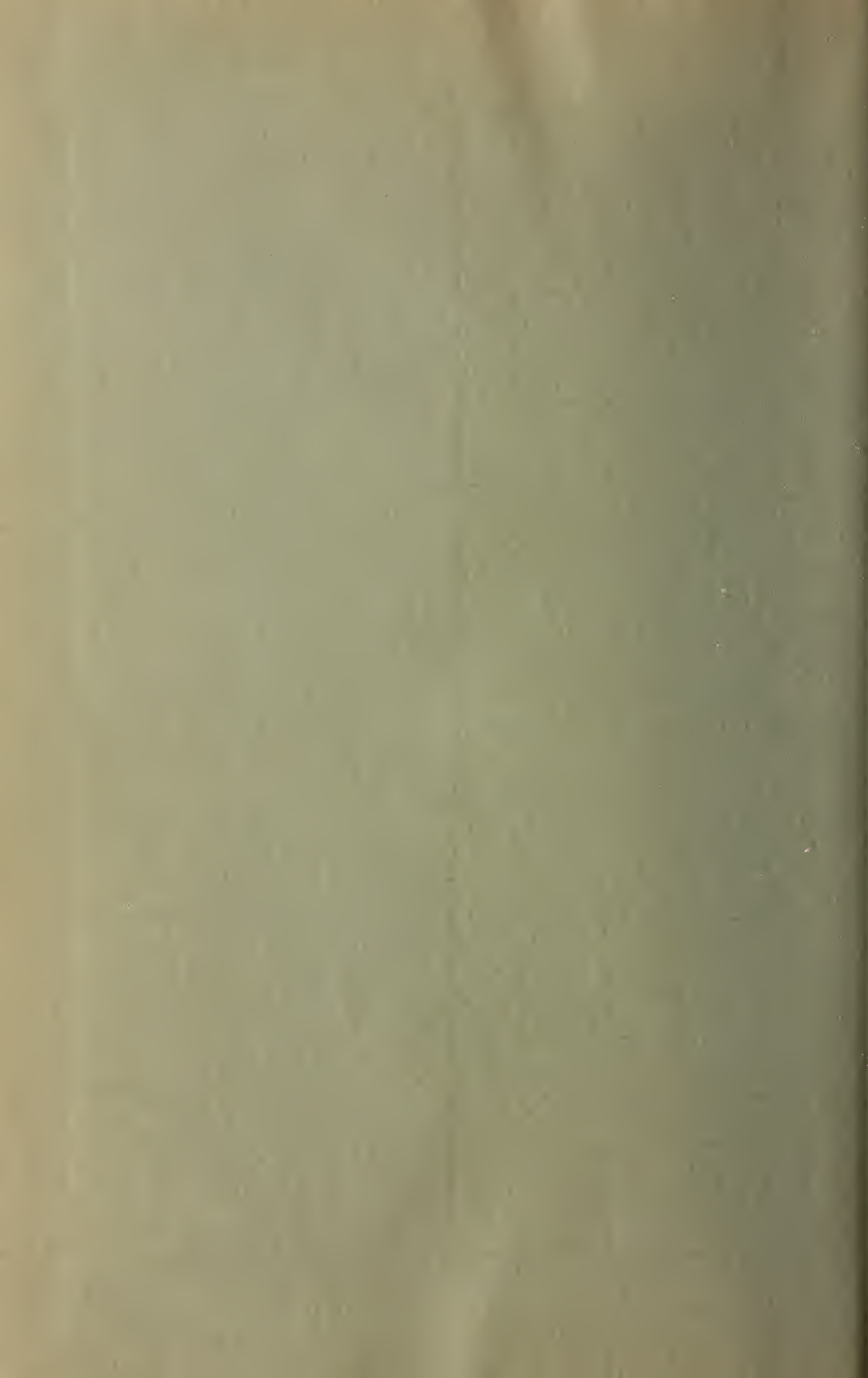


Fig. 2.



46 1470 (18)



SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01305 3020