

# BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

# SOCIÉTÉ DES SCIENCES

DE NANCY

ANCIENNE SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE STRASBOURG

FONDÉE EN 1828

---

Série III. — Tome V. — Fascicules I à IV

5<sup>E</sup> ANNÉE. — JANVIER-DÉCEMBRE 1904



---

BERGER-LEVRAULT ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

PARIS

5, RUE DES BEAUX-ARTS

NANCY

18, RUE DES GLACIS

1904

# SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

## BUREAU ET CONSEIL D'ADMINISTRATION

Pendant l'année 1904

		MM.
BUREAU	<i>Président,</i>	DE METZ-NOBLAT.
	<i>Vice-Président,</i>	GODFRIN.
	<i>Secrétaire général,</i>	MILLOT.
	<i>Secrétaire général adjoint,</i>	GRÉLOT.
	<i>Secrétaire annuel,</i>	CHEVALLIER.
	<i>Trésorier,</i>	BRUNOTTE.
	<i>Administrateurs . . . . .</i>	{ FLICHE. SCHLAGDENHAUFFEN. CHARPENTIER.
	<i>Secrétaire général honoraire. . . .</i>	D <sup>r</sup> HECHT.

## LISTE DES MEMBRES

COMPOSANT LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

Arrêtée au 31 décembre 1904.

### I. MEMBRES TITULAIRES

INSCRITS PAR RANG D'ANCIENNETÉ.

1. D<sup>r</sup> SCHLAGDENHAUFFEN \*, directeur honoraire de l'École supérieure de pharmacie. 5 juillet 1859.
2. D<sup>r</sup> HECHT \*, professeur honoraire de la Faculté de médecine. 3 janvier 1865.
3. D<sup>r</sup> GROSS \*, doyen de la Faculté de médecine. 16 décembre 1868.
4. D<sup>r</sup> BERNHEIM \*, professeur à la Faculté de médecine. 5 mai 1873.

5. D<sup>r</sup> FRIANT, professeur honoraire de la Faculté des sciences. 19 janvier 1874.
6. FLICHE ✱, professeur à l'École forestière. 20 avril 1874.
7. BICHAT O ✱, doyen de la Faculté des sciences. 22 janvier 1877.
8. LE MONNIER ✱, professeur à la Faculté des sciences. 18 juin 1877.
9. D<sup>r</sup> CHARPENTIER, profess. à la Faculté de médecine. 2 mars 1879.
10. GODFRIN, directeur de l'École supérieure de pharmacie. 24 novembre 1879.
11. FLOQUET ✱, professeur à la Faculté des sciences. 19 janvier 1880.
12. ARTH, professeur à la Faculté des sciences, directeur de l'Institut chimique. 19 janvier 1880.
13. DUMONT, docteur en droit, bibliothécaire en chef de la Bibliothèque universitaire. 16 janvier 1881.
14. D<sup>r</sup> STOEBER ✱, ancien chef de clinique à la Faculté de médecine. 15 mars 1881.
15. VOLMERANGE ✱, ingénieur en chef des ponts et chaussées en retraite. 15 mars 1881.
16. ANDRÉ, architecte du départ<sup>t</sup> de Meurthe-et-Moselle. 1<sup>er</sup> mars 1882.
17. BLONDLOT O ✱, professeur à la Faculté des sciences. 2 juin 1882.
18. HENRY, professeur à l'École forestière. 1<sup>er</sup> décembre 1882.
19. D<sup>r</sup> VUILLEMIN, professeur à la Faculté de médecine. 1<sup>er</sup> décembre 1882.
20. HASSE, professeur honoraire de l'École normale d'instituteurs. 1<sup>er</sup> mars 1883.
21. MILLOT, ancien lieutenant de vaisseau, chargé d'un cours à la Faculté des sciences. 17 mai 1883.
22. A. DE METZ-NOBLAT, homme de lettres. 3 juillet 1883.
23. KLOBB, professeur à l'École supérieure de pharmacie. 15 février 1884.
24. BRUNOTTE, professeur à l'École supérieure de pharmacie. 15 février 1884.
25. Abbé CHEVALIER, licencié ès sciences, ancien professeur à l'École Saint-Sigisbert. 1<sup>er</sup> décembre 1884.
26. RISTON, docteur en droit. 16 janvier 1885.
27. BERTIN, rentier. 16 janvier 1885.
28. GUNTZ, professeur à la Faculté des sciences. 16 janvier 1885.
29. D<sup>r</sup> NICOLAS, professeur à la Faculté de médecine. 16 février 1887.
30. BOPPE O ✱, directeur honoraire de l'École forestière. 1<sup>er</sup> mars 1887.
31. MONAL, pharmacien, ancien chef des travaux chimiques à la Faculté des sciences. 1<sup>er</sup> mars 1887.
32. MER, ancien inspecteur des forêts. 16 mai 1887.
33. D<sup>r</sup> KNEPFLER, ancien chef de clinique à la Faculté de médecine. 20 février 1888.

34. Abbé HARMAND, ancien professeur au Collège de la Malgrange. 16 juin 1888.
35. WœLFELIN, ancien capitaine du génie. 14 janvier 1889.
36. DE SCHAUBENBOURG, avocat à la Cour d'appel. 14 janvier 1889.
37. MULLER, professeur à la Faculté des sciences. 3 février 1890.
38. GUYOT, maître de conférences à la Faculté des sciences. 3 février 1890.
39. MINGUIN, professeur à la Faculté des sciences. 3 février 1890.
40. DOREZ, pharmacien de 1<sup>re</sup> classe. 3 février 1890.
41. THOUX O \*, ingénieur en chef du canal de la Marne au Rhin. 2 mars 1891.
42. IMBEAUX \*, ingénieur des ponts et chaussées, docteur en médecine. 1<sup>er</sup> mai 1892.
43. NICKLÈS, professeur à la Faculté des sciences. 20 juillet 1893.
44. JOLYET, professeur à l'École forestière. 15 mars 1894.
45. GRÉLOT, professeur à l'École supér. de pharmacie. 1<sup>er</sup> mars 1895.
46. NOËL, industriel à Liverdun. 16 mars 1896.
47. BEAUPRÉ (le comte J.), archéologue. 16 mars 1896.
48. MICHAUT \*, ingénieur des ponts et chaussées. 1<sup>er</sup> février 1897.
49. GUYOT \*, dir. de l'École nat. des Eaux et Forêts. 16 janvier 1899.
50. MAIRE, docteur ès sciences, chef des travaux de botanique à la Faculté des sciences. 2 février 1899.
51. DE BOUVILLE, inspecteur adjoint, attaché à la Station d'expériences de l'École nationale des Eaux et Forêts. 1<sup>er</sup> décembre 1899.
52. GRAND'ÉURY \*, membre correspondant de l'Institut, professeur honoraire de l'École des Mines de Saint-Étienne. 1<sup>er</sup> février 1900.
53. Abbé BOULANGER, licencié ès lettres et en théologie, curé de Grippont. 1<sup>er</sup> mars 1900.
54. MÉCHIN, licencié ès sciences physiques et naturelles, professeur au Collège de Lunéville. 1<sup>er</sup> mars 1900.
55. D<sup>r</sup> MEYER, professeur à la Faculté de médecine. 1<sup>er</sup> mars 1900.
56. CHEVALLIER, licencié ès sciences, chef des travaux de minéralogie à la Faculté des sciences. 1<sup>er</sup> mars 1900.
57. Abbé URMÈS, licencié ès lettres et en histoire, directeur de l'École Saint-Léopold. 1<sup>er</sup> mars 1900.
58. FAVREL, professeur à l'École supérieure de pharmacie. 1<sup>er</sup> mai 1900.
59. GOURY, avocat, docteur en droit. 1<sup>er</sup> juin 1900.
60. MATHIEU-MIEG, de Mulhouse. 2 février 1901.
61. GIRARDET, professeur agrégé à l'École supérieure de pharmacie. 1<sup>er</sup> mars 1901.
62. LOPPINET, ancien conservateur des Eaux et Forêts. 15 juin 1901.
63. MÖLK, professeur à la Faculté des sciences. 2 décembre 1901.

VIII BULLETIN DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY.

64. JOLY, licencié ès sciences, chargé des travaux de géologie à la Faculté des sciences. 15 mai 1902.
65. D<sup>r</sup> GUÉRIN, professeur à l'École supérieure de pharmacie. 15 janvier 1903.
66. BRUNTZ, docteur ès sciences, chargé d'un cours à l'École supérieure de pharmacie. 15 janvier 1903.
67. PAGEL, docteur de l'Université de Nancy. 15 janvier 1903.
68. RABISCHONG, docteur de l'Université de Nancy. 15 janvier 1903.
69. GEORGE, garde général des Eaux et Forêts, à Lunéville. 2 février 1903.
70. SCHMIDT, pharmacien à Saint-Dié. 16 février 1903.
71. CUIF, inspecteur adjoint, attaché à la station de recherches de l'École nationale des Eaux et Forêts. 1<sup>er</sup> décembre 1903.
72. D<sup>r</sup> PAQUY \*, médecin-major de 1<sup>re</sup> classe. M. A. 15 décembre 1899 ; M. T. 31 décembre 1904.

II. MEMBRES ASSOCIÉS

INSCRITS PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

- GOUY DE BELLOCO, ancien officier d'état-major. 1<sup>er</sup> mars 1886.
- LANG (B.), manufacturier à Nancy. 16 mars 1880.
- MARINGER O \*, maire de Nancy. 1<sup>er</sup> mars 1887.
- DE MONTJOIE, propriétaire à Villers-lès-Nancy. 2 mars 1888.
- NOËL, pharmacien de 1<sup>re</sup> classe, à Nancy. 1<sup>er</sup> juin 1888.
- VIARD (le baron P.), archéologue, à Nancy. 2 juin 1899.
- WEINMANN, pharmacien de 1<sup>re</sup> classe, à Épernay. 2 mars 1888.

III. MEMBRES CORRESPONDANTS

- D<sup>r</sup> BAGNÉRIS, ancien professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy, à Reims. M. T. 15 janvier 1884 ; M. C. 14 janvier 1890.
- BARDY, pharmacien de 1<sup>re</sup> classe, à Saint-Dié. 15 novembre 1880.
- BARTET, conservateur des forêts, à Alençon. M. T. 2 mars 1888 ; M. C. février 1892.
- BARTHÉLEMY, archéologue, à Paris. M. T. 16 janvier 1888 ; M. C. 1<sup>er</sup> janvier 1894.
- BELLEVILLE, colonel en retraite, à Toulouse. 18 mai 1874.
- BRILLOUIN, maître de conférences à l'École normale supérieure. M. T. 16 janvier 1881 ; M. C. 15 novembre 1882.
- D<sup>r</sup> CHRISTIAN \*, médecin en chef de la Maison nationale de Charenton. M. T. 22 janvier 1877.

- D<sup>r</sup> COLLIGNON, médecin-major de 1<sup>re</sup> classe. M. T. 9 juin 1879;  
M. C. 15 novembre 1881.
- D<sup>r</sup> ENGEL, professeur au Conservatoire des arts et métiers, à Paris.  
M. T. 5 mai 1875.
- FIESSINGER, docteur en médecine à Oyonnax (Ain). 1<sup>er</sup> décembre 1881.
- GRANDVAL, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Reims.  
1<sup>er</sup> mars 1904.
- D<sup>r</sup> GUILLEMIN O ✱, ancien directeur du service de santé du 20<sup>e</sup> corps,  
à Nancy. M. T. 1<sup>er</sup> juillet 1887; M. C. 14 janvier 1889.
- GUIMARÃES (Rodolpho), officier du génie, à Lisbonne. 1<sup>er</sup> février 1900.
- D<sup>r</sup> HARO ✱, médecin principal de l'armée en retraite, à Montpellier.  
M. T. 16 avril 1877; M. C. 3 janvier 1881.
- D<sup>r</sup> HERRGOTT ✱, professeur honoraire de la Faculté de médecine de  
Nancy. M. A. 18 novembre 1878; M. C. 3 décembre 1900.
- HIRSCH, ingénieur des ponts et chaussées, à Paris. M. T. 5 mai 1873.
- JOURDAIN, ancien professeur à la Faculté des sciences de Nancy, à Port-  
bail (Mauche). M. T. en 1877; M. C. 8 décembre 1879.
- KELLER, ingénieur des mines, à Paris. 19 juillet 1871.
- D<sup>r</sup> KÖHLER, professeur à la Faculté des sciences de Lyon.  
M. T. 2 février 1880; M. C. 2 décembre 1889.
- MAILLARD, chef du laboratoire de chimie biologique à la Faculté de mé-  
decine de Paris. M. T. 15 décembre 1899; M. C. 16 novembre 1903.
- MANGIN ✱, professeur au Lycée Louis-le-Grand, à Paris. M. T. 24 no-  
vembre 1879; M. C. 15 novembre 1881.
- MUNTZ, ingénieur des chemins de fer de l'Est, à Paris. M. T. 5 mai 1873.
- PÉROT ✱, directeur du laboratoire d'essai au Conservatoire des arts et  
métiers, à Paris. M. T. 1<sup>er</sup> juin 1886; M. C. 15 mai 1889.
- POINCARÉ C ✱, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences  
de Paris. 1<sup>er</sup> juin 1891.
- REBER, pharmacien honoraire, à Genève. 1<sup>er</sup> décembre 1899.
- RÖDERER, ingénieur des ponts et chaussées. M. T. 5 mars 1877.
- THOUVENIN, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Be-  
sançon. M. T. 1<sup>er</sup> mars 1883; M. C. 15 décembre 1890.



# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

ANNÉE 1904

*Séance du 15 janvier.*

Présidence de M. LE MONNIER.

*Nécrologie.* — Le 1<sup>er</sup> janvier, la Société a été affligée de la perte de M. PÉROT, intendant militaire en retraite, officier de la Légion d'honneur, décédé à Nancy à l'âge de quatre-vingt-deux ans. M. Pérot nous appartenait comme membre titulaire depuis le 16 janvier 1885. Il fut fidèle à nos séances tant que sa santé le lui permit, mais depuis plusieurs années son grand âge le tenait éloigné de nous. Son fils, M. Alfred Pérot, directeur du laboratoire d'essais du Conservatoire des arts et métiers à Paris, est membre correspondant de la Société ; il en a été membre titulaire de 1886 à 1889, lorsqu'il était maître de conférences à la Faculté des sciences de Nancy. M. le secrétaire général lui a exprimé les condoléances de la Société.

*Demandes d'échange.* — L'Institut météorologique de Roumanie, à Bucarest, demande l'échange de son bulletin avec celui de la Société. M. Millot, qui connaît cette publication, se porte garant de sa valeur scientifique. — Accordé.

MM. Fliche et Cuif demandent à la Société de proposer l'échange de son bulletin avec celui de la Société d'histoire naturelle du Doubs. — La proposition sera faite.

*Distinctions.* — L'Académie des sciences a décerné le prix La Caze à M. Guntz et le prix Montagne à M. Maire.

La Société nationale d'agriculture a décerné une médaille d'or à M. Boppe et à M. Jolyet, une médaille d'argent à M. George. — Félicitations.

*Renouvellement partiel du bureau.* — Sont élus pour l'année 1904 : vice-président, M. Godfrin ; secrétaire annuel, M. Chevallier ; administrateur, M. Schlagdenhauffen.

*Compte rendu financier.* — M. Brunotte, trésorier, expose la situation financière de la Société, qui se résume dans les chiffres suivants :

En caisse le 15 janvier 1903. . . . .	3 426 <sup>f</sup> 80
Recettes en 1903. . . . .	2 478 85
Actif total. . . . .	<u>5 905<sup>f</sup>65</u>
Dépenses en 1903 . . . . .	2 026 80
En caisse le 15 janvier 1904. . . . .	<u>3 878<sup>f</sup>85</u>

Les comptes présentés sont approuvés à l'unanimité et des remerciements sont votés à M. Brunotte pour le zèle qu'il apporte dans la gestion des intérêts de la Société.

COMMUNICATION

M. FAVREL : *Action des éthers acétylacétiques chlorés sur les chlorures diazoïques.*

Le Secrétaire annuel,  
CHEVALLIER.

*Séance du 4 février.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Démission.* — M. Lederlin, président honoraire de la Faculté de droit, écrit pour donner sa démission de membre associé.

*Échange accordé.* — La Société d'histoire naturelle du Doubs accepte d'échanger son bulletin avec celui de la Société des sciences.

COMMUNICATION

M. BRUNOTTE : *Observation médicale au sujet d'un diptère.*

Le Secrétaire annuel,  
CHEVALLIER.

*N. B.* — A cause du congé du carnaval, la séance du 15 février n'a pas eu lieu.

*Séance du 1<sup>er</sup> mars.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Correspondance.* — M. le directeur de l'Institut météorologique de Roumanie, à Bucarest, remercie la Société des sciences d'avoir bien voulu accorder l'échange des publications.



*Distinction.* — M. Girardet a été reçu au concours d'agrégation des Écoles supérieures de pharmacie. — Félicitations.

*Élection d'un correspondant.* — Après avoir donné lecture d'une lettre de M. Grandval, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Reims, qui demande à faire partie de la Société à titre de membre correspondant, M. le président donne la parole à M. Schlagdenhauffen, chargé du rapport sur cette candidature, puis on procède au vote. M. Grandval est élu.

*Demande d'échange.* — Sur la proposition de M. Maire, la Société décide qu'elle demandera l'échange de son bulletin avec celui de la Société italienne de botanique, à Florence.

Avant de passer aux communications inscrites à l'ordre du jour, M. Brunotte donne lecture d'une lettre du Dr Lorber, son collaborateur, relative à la communication qu'il a faite à la dernière séance et confirmant la réalité de certains faits avancés par l'orateur à titre de conjecture, très probable seulement.

#### COMMUNICATIONS

M. DE METZ-NOBLAT : *Revue météorologique rétrospective.*

M. FLICHE donne lecture d'un mémoire de M. MATHIEU MIEG : *Stations préhistoriques de Kleinhems (grand-duché de Bade).*

Paraîtront au bulletin.

Les frais de reproduction des planches du mémoire de M. de Metz-Noblat seront partagés entre le Club alpin, la Société de géographie et la Société des sciences, au prorata du nombre de leurs membres.

*Le Secrétaire annuel,*

CHEVALLIER.

---

#### *Séance du 15 mars.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Correspondance.* — M. Godfrin, vice-président, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

M. Grandval adresse ses remerciements à la Société pour son élection au titre de membre correspondant.

*Don d'ouvrage.* — M. Grandval fait hommage de son livre intitulé : *Médicaments chimiques organiques inscrits au supplément du Codex.* — Remerciements.

*Nécrologie.* — M. le président fait part du décès de M. NORBERG, membre associé, décédé à Nice, à l'âge de quatre-vingt-quatre ans.

Imprimeur, officier de la Légion d'honneur, M. Norberg s'était inscrit parmi nos membres associés le 24 mars 1873, c'est-à-dire lors de la reconstitution, à Nancy, sous le nom de Société des sciences, de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg, fondée en 1828.

#### COMMUNICATIONS

M. FLICHE : *Flore fossile du trias de Lorraine et de Franche-Comté.*

M. NICOLÈS : *Application de la photographie à l'étude des cloisons des Ammonites.*

Ces deux communications sont destinées au bulletin.

*Le Secrétaire annuel,*

CHEVALLIER.

N. B. — A cause du congé de Pâques, la séance du 1<sup>er</sup> avril n'a pas eu lieu.

---

#### *Séance du 15 avril.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Correspondance.* — La Société botanique italienne de Florence s'excuse de ne pouvoir accepter l'échange proposé de son bulletin avec celui de la Société des sciences (voté dans la séance du 1<sup>er</sup> mars). Ce refus est motivé par une résolution prise antérieurement de n'accepter d'échange qu'avec des publications exclusivement botaniques.

#### COMMUNICATION

M. HENRY : *Faculté d'imbibition de la couverture morte.*

*Le Secrétaire annuel,*

CHEVALLIER.

---

#### *Séance du 2 mai.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Don d'ouvrages.* — M. Millot offre à la Société les *Observations météorologiques de l'année 1903*; M. Grand'Eury fait hommage des extraits suivants des *Comptes rendus de l'Académie des sciences* :

1<sup>o</sup> Sur les sols de végétation fossiles des Sigillaires et des Lépidodendrons;

2° Sur les rhizomes et les racines des Fougères fossiles et des Cycadoflites ;

3° Sur le caractère paludéen des plantes qui ont formé les combustibles fossiles de tout âge ;

4° Sur les conditions générales et l'unité des formations des combustibles minéraux de tout âge et de toute espèce. — Remercîments.

#### COMMUNICATION

M. KLOBB : *L'arnistérine phytostérine de l'Arnica montana.*

*Le Secrétaire annuel,*  
CHEVALLIER.

---

*Séance du 16 mai.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Correspondance.* — L'Académie de Stanislas invite les membres de la Société des sciences à sa séance publique annuelle. — Remercîments.

#### COMMUNICATIONS

M. DUMONT : *Sur certains mouvements déterminés par l'approche des corps vivants ou d'objets mis préalablement en contact avec ces corps.*

M. MILLOT donne lecture d'un article du *Cosmos*, 16 avril 1904, intitulé : « Influence du mouton sur le retrait de la sève » et demande l'avis de ses collègues à ce sujet. Quelques observations sont alors échangées entre MM. Boppe, Henry et Millot.

*Pour le Secrétaire annuel,*  
JOLY.

---

*Séance du 1<sup>er</sup> juin.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

La Société s'est réunie dans l'amphithéâtre de l'Institut chimique pour entendre M. GUNTZ exposer le résultat des recherches qu'il a entreprises, en collaboration avec M. ROEDERER, *sur la composition des amalgames.*

*Le Secrétaire annuel,*  
CHEVALLIER.

---

*Séance du 15 juin.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Demande d'échange.* — La Station royale d'entomologie agricole de Florence demande l'échange de ses publications avec le bulletin de la Société. — Accordé.

#### COMMUNICATION

M. GUÉRIN : *Antagonisme physiologique entre l'alcool et la strychnine, son importance en médecine judiciaire.*

*Le Secrétaire annuel,*  
CHEVALLIER.

*Séance du 17 novembre.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Correspondance.* — La Société a reçu l'avis du décès de M. Bernard Renault, paléobotaniste distingué, créateur et président de la Société d'histoire naturelle d'Autun. A cette nouvelle, M. Fliche demande la parole et fait un court résumé des belles découvertes dues au savant décédé, notamment celle relative au mode de formation du boghead d'Autun.

L'Académie des sciences et lettres de Montpellier informe la Société qu'elle décernera en 1906 un prix de trois cents francs, sous le nom de prix Lichtenstein. La Société industrielle de Mulhouse adresse également le programme du concours pour les prix qu'elle décernera en 1905.

La Société d'émulation de l'Ain demande une subvention pour élever un monument à l'astronome Lalande ; la Société d'histoire naturelle d'Autun adresse une demande analogue dans le but d'élever un monument à Bernard Renault. Conformément à ses traditions, la Société ne prend part à aucune souscription, mais les demandes sont déposées sur le bureau, à la disposition individuelle des membres.

*Subvention.* — La Société a été avisée du maintien de la subvention annuelle de cinq cents francs accordée par le conseil général. — Remercîments.

*Demandes d'échange.* — La Société d'histoire naturelle de Styrie et la Société d'histoire naturelle de la Haute-Marne demandent l'échange de leurs annales avec le bulletin de la Société. — Accordé.

*Dons d'ouvrages.* — La Société a reçu, de M. Noël, une note sur la faune des Lydiennes du grès vosgien, et, de M. Grand'Eury, une note sur les graines des Névroptéridées (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*). — Remercements.

*Distinctions.* — M. le président félicite M. Blondlot, nommé officier de la Légion d'honneur et lauréat du prix Lemoine de l'Académie des sciences; il félicite également M. Fliche, élu correspondant de l'Institut (Académie des sciences, section d'économie rurale).

#### COMMUNICATIONS

M. GIRARDET : *Action du bromure d'éthylène sur la benzine en présence du chlorure d'aluminium.*

M. BRUNOTTE : *Observation d'une liane de houblon bisexuée, présentation du sujet.*

A la suite de la communication de M. Brunotte, s'engage une discussion à laquelle prennent surtout part MM. Fliche et Vuillemin. Celui-ci présente à la Société des sujets variés appartenant à d'autres genres et offrant des particularités analogues à celles signalées par M. Brunotte; il remettra une note pour le bulletin.

*Le Secrétaire annuel,*

CHEVALLIER.

---

*Séance du 1<sup>er</sup> décembre.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Correspondance.* — M. Godfrin s'excuse de ne pouvoir assister à la séance et demande la remise à quinzaine de la communication pour laquelle il était inscrit à l'ordre du jour.

#### COMMUNICATION

M. HENRY : *Dégâts récents d'insectes forestiers.*

*Le Secrétaire annuel,*

CHEVALLIER.

---

*Séance du 15 décembre.*

Présidence de M. DE METZ-NOBLAT.

*Correspondance.* — La Société a reçu avis du décès de M. Alexandre Michaelski, ingénieur des mines, géologue en chef du Comité géologique de Russie, mort à Cracovie le 20 novembre 1904.

*Demande d'échange.* — La Société industrielle de l'Est demande le dépôt à la salle de ses séances du bulletin de la Société des sciences. — Accordé moyennant échange.

*Don d'ouvrage.* — M. Grand'Eury fait hommage à la Société d'une note extraite des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, « Sur les graines des Névroptéridées ». — Remercements.

#### COMMUNICATION

M. GODFRIN : *Nouvelles stations de Plantago arenaria aux environs de Nancy.*

*Discussion.* — A la suite de cette communication plusieurs membres prennent successivement la parole pour signaler d'autres stations intéressantes de diverses plantes dans nos environs, puis M. VUILLEMIN, passant des plantes aux insectes, après avoir défini le domaine géographique habituel de la Mante religieuse en France, signale la présence exceptionnelle de cet Orthoptère dans les environs de Nancy et dans le Toulois.

*Pour le Secrétaire annuel,*

JOLY.

---

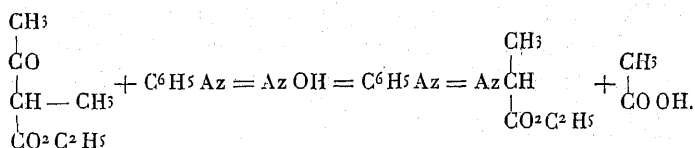
## BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

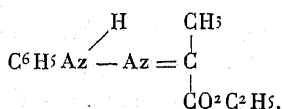
## SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

*Séance du 15 janvier 1904.***Action des chlorures diazoïques sur les éthers  
acétylacétiques chlorés  $\alpha$ , par G. FAVREL.**

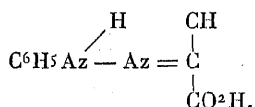
Il y a déjà quelques années, Francis Japp et Klingemann montrèrent que le méthylacétylacétate d'éthyle et l'éthylacétylacétate d'éthyle réagissaient sur le chlorure de diazobenzène en solution alcaline. Les corps obtenus avaient, le premier, la composition du benzène-azopropionate d'éthyle, le deuxième celle du benzène-azobutyrate d'éthyle ou phénylhydrazone ou butanone-azoate d'éthyle. L'équation qui représente le plus naturellement l'action du méthylacétylacétate d'éthyle sur le chlorure de diazobenzène est :



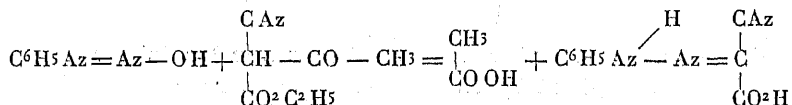
Ainsi formulée, la réaction représente le corps obtenu comme un azoïque mixte; mais les auteurs ont montré, peu de temps après, qu'en réalité le corps subissait une transposition moléculaire, qui en faisait l'hydrazone du pyruvate d'éthyle, c'est-à-dire le corps :



Ils ont contrôlé du reste leur assertion, en montrant que, si on saponifie ce corps par les alcalis, on obtient un produit identique à celui qui résulte de l'action de la phénylhydrazine sur l'acide pyruvique, c'est-à-dire ayant pour constitution :



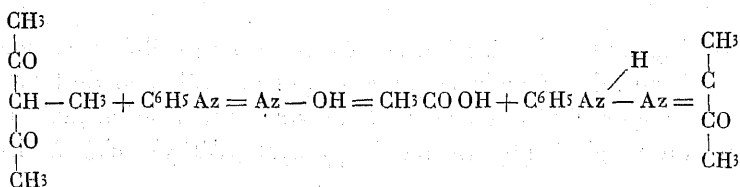
Plus tard, j'ai montré moi-même que la réaction de Francis Japp et Klingemann était beaucoup plus générale que ne l'avaient pensé ces auteurs et s'appliquait à d'autres corps qu'à l'éther acétylacétique substitué. Ainsi avec l'acétylcyanacétate d'éthyle et le chlorure de diazobenzène, j'ai obtenu la réaction suivante :



qui fait du corps obtenu la phénylhydrazone du cyanoxalate d'éthyle.

En remplaçant successivement l'acétylcyanacétate d'éthyle par le propionylcyanacétate d'éthyle, l'isobutyrylcyanacétate d'éthyle, l'isovalérylcyanacétate d'éthyle, le benzoïlcyanacétate d'éthyle, etc., on obtient toujours la phénylhydrazone du cyanoxalate d'éthyle ; mais alors il y a élimination simultanée d'acide propionique, isobutyrique, isovalérique, benzoïque, etc.

Les dérivés alcoylés de l'acétylacétone (méthylacétylacétone, éthylacétylacétone) m'ont donné une réaction du même genre et j'ai pu, avec le chlorure de diazobenzène, obtenir la phénylhydrazone du diacétyle



identique à celle obtenue par von Pechmann et résultant de l'action de la phénylhydrazine sur le diacétyle.

Enfin, j'ai montré que les éthers maloniques alcoylés subis-



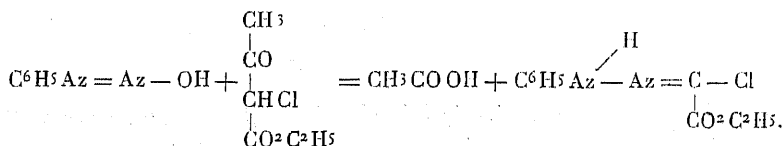


La généralité de cette réaction m'a engagé à rechercher si elle se produirait encore quand on substituerait un atome de chlore à un atome d'hydrogène de l'éther acétylacétique dans le groupe  $\text{CH}^2$ .

Pour tenter cette réaction j'ai suivi le mode opératoire suivant :

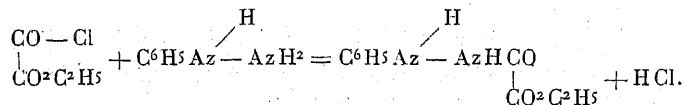
9<sup>gr</sup>,3 d'aniline, dissous dans une solution de 25 centimètres cubes d'acide chlorhydrique dans 250 d'eau distillée, sont refroidis à zéro, puis diazotés, par addition de 100 centimètres cubes de nitrite de soude normal. La solution du chlorure de diazobenzène obtenue est additionnée de 50 grammes d'acétate de soude en dissolution dans 200 centimètres cubes d'eau, puis de 16<sup>gr</sup>,40 d'acétylacétate d'éthyle chloré  $\alpha$ .

Après une vive agitation, le mélange se trouble et laisse déposer une huile rouge épaisse. Cette dernière, séparée du reste du liquide, est soumise à l'évaporation. Elle donne des cristaux que l'on sépare de la partie liquide par essorage. Deux ou trois cristallisations dans l'alcool absolu fournissent des cristaux de couleur jaune pâle, volumineux, très nets, fondant à la température de 80-81. Ils ont la composition de la phénylhydrazone du glyoxylate d'éthyle chloré ou chloroxalate d'éthyle dont la formation s'explique par l'équation :



Pour vérifier l'exactitude de la formule attribuée au corps fondant à 81-80, il faudrait pouvoir l'obtenir en partant du chloroxalate d'éthyle et de la phénylhydrazine, ce que l'on sait être impossible, les chlorures acides donnant avec la phénylhydrazine non des hydrazones chlorées mais bien des hydrazides avec élimination d'acide chlorhydrique.

En d'autres termes, on a la réaction :



J'ai essayé de vérifier cette constitution du corps fondant à 81-82 d'une autre façon.





résultat et les malaises constatés au début se continuant; la famille se décida à venir à la consultation du D<sup>r</sup> Lorber.

La jeune malade se plaignait surtout de douleurs qui se manifestaient dès son lever, duraient parfois quelques minutes seulement, mais souvent aussi plusieurs heures. Pendant ces douleurs, la malade devenait pâle, avait des envies de vomir, n'avait aucune énergie, ne pouvait se traîner, paraissait anéantie et sur le point de tomber en syncope. En outre, il y avait une continuelle démangeaison à la peau, un peu de toux et une salivation excessive.

C'est à cette période que fut commencée l'observation qui nous occupe.

Les troubles augmentant de plus en plus, un régime sévère fut prescrit et un examen très attentif et complet de la malade fut fait. Cet examen ne révéla aucun trouble dans les organes, ni aucune lésion organique. La malade, interrogée, ne pouvait dire qu'une chose à propos de ce qu'elle ressentait, « c'est qu'elle avait mal à l'estomac », mais elle ne pouvait donner aucun éclaircissement sur la forme que prenait la douleur.

Croyant à un embarras gastrique, les observations furent souvent répétées de façon à permettre au médecin de se rendre un compte exact de la maladie.

Les symptômes ne s'étaient pas aggravés quand, vers le 15 septembre, la mère de la malade revint à la consultation et dit au médecin traitant : « Ma fille est beaucoup plus mal aujourd'hui, « mais je sais maintenant ce qu'elle a ! Depuis ce matin, elle « vomit des vers, des vers par paquets. Il en part la bouche « pleine à la fois et, ajoute-t-elle, ce sont des vers comme je n'en « ai jamais vu ; ils sont tout petits, gris ; ont la tête noire et des « pattes en quantités. »

Le D<sup>r</sup> Lorber, dans la note qu'il me communique à ce sujet, ajoute : « Dans les campagnes, on nous raconte fréquemment des « choses invraisemblables ; néanmoins ce fait me frappa, car la « mère de la malade était intelligente et les détails qu'elle me « donnait paraissaient si précis que je voulus voir, *de visu*, le « corps du délit ; d'autant plus que, plus je réfléchissais à ce qui « m'avait été raconté, moins je pouvais m'expliquer ce que, de « prime abord, j'attribuais à une illusion.

« Je constatai alors que l'enfant avait en effet vomé dans un « crachoir une masse de petits animaux, masse équivalente en

« volume à la moitié du crachoir. Il y en avait au moins mille, « d'après les dires de la mère qui les avait vus au moment même « des vomissements ; plusieurs centaines de ces animaux étaient « encore vivants, ils se trémoussaient, se dressaient, grimpaient « les uns sur les autres. Leur masse était d'un gris foncé, leurs « têtes paraissaient être de petits points noirs et leurs corps étaient « munis de nombreuses épines éparpillées sur toute la surface. »

Tel est le sens de l'observation rapportée fort scrupuleusement par le médecin Lorber qui la fait suivre, dans une lettre particulière, du complément suivant qui a son importance : « Je n'hésite « pas à dire que le cas est presque invraisemblable à cause de la « quantité prodigieuse de petites bêtes qui ont été rendues et qui « toutes ou presque toutes étaient vivantes. Vous ne sauriez « croire à l'impression que causait cette masse grouillante. »

De suite, l'idée d'une larve d'insecte vint bien à l'esprit, mais le D<sup>r</sup> Lorber, ne connaissant aucun parasite qui ressemblait à celui émis dans le cas présent, il fut très sagace et mit de côté, en vue de détermination ultérieure, une dizaine de ces petits animaux qui furent gardés dans de l'eau fraîche. Ils vécurent pendant quelques jours dans cette eau, puis furent fixés à l'alcool ordinaire pour conservation. Ces animaux, examinés par M. le D<sup>r</sup> Bardy, avaient été reconnus comme larves d'insectes, mais n'avaient pu être déterminés.

Il y a lieu d'ajouter, avant d'examiner l'observation ci-dessus, que la malade, à la suite des vomissements qui ont provoqué l'évacuation des « vers » en question, s'est trouvée miraculeusement guérie ; elle ne souffrait, dit le médecin, qu' « à cause de la présence de ces parasites », car elle se porte actuellement à merveille, n'a plus eu « mal à l'estomac » depuis la fameuse séance de l'évacuation.

Sur ma demande, M. le D<sup>r</sup> Lorber m'a envoyé, en décembre dernier, les exemplaires gardés dans l'alcool ; malheureusement, il n'en restait plus beaucoup, quelques-uns ayant été employés pour des essais de détermination restés infructueux.

Ces exemplaires, cependant, étaient dans un état de conservation suffisant pour en faire l'étude. Cette étude a été faite par M. Florentin, préparateur de zoologie à la Faculté des sciences, qui doit en faire l'objet d'une présentation à la réunion biologique de Nancy, prochainement.

La diagnose de ces larves est la suivante :

*Larve plate, ovale, avec quatre rangées de poils raides, deux dorsales, deux latérales. Deux crochets buccaux très développés et très caractéristiques du groupe des Anthomyzinæ.*

*Les stigmates antérieurs ont ici huit digitations insérées sur le pourtour; les stigmates postérieurs ont une expansion divisée en trois branches.*

Ces larves ne sont autres que celles du Diptère *Anthomyia canicularis*.

Ce Diptère, appelé aussi *Homalomyia canicularis* par certains auteurs, est, à l'état adulte, une petite mouche de 6 millimètres de long; elle est noirâtre, les faces et les côtés du front sont argentés; le style est nu. Thorax grisâtre avec lignes brunes; abdomen gris, à ligne dorsale noire et taches d'un jaune transparent sur les côtés. Ailes hyalines.

Les mâles des Anthomyes forment souvent des réunions nombreuses qui se jouent dans les airs. On les trouve communément en France et ailleurs, ont un vol moins rapide que celui des Muscides; ils appartiennent à la tribu des *Muscies calyptérés*. Ils restent le plus souvent au repos sous le feuillage, par les temps sombres, et ne se montrent que quand le soleil a réchauffé l'atmosphère.

Les femelles déposent leurs œufs sur certains végétaux ou en terre. Elles sont répandues un peu sur toutes les fleurs, mais plus particulièrement, paraît-il, sur les Synanthérées, les Ombellifères.

Ce fait a une grande importance pour le cas présent, et explique la présence des œufs déposés sur des artichauts, des laitues, des pissenlits, par exemple (plantes de la famille des Synanthérées), ou des feuilles de persil, de cerfeuil, de carotte, etc. (plantes de la famille des Ombellifères).

Si on veut bien se rappeler que ces végétaux, pour ne citer que ceux-là, sont absorbés par l'homme, comme nourriture ou condiment, à l'état naturel, c'est-à-dire *non cuits*, on comprendra dès maintenant comment des œufs du Diptère *Anthomyia* peuvent être introduits dans le corps humain, par le tube digestif.

Nous reviendrons sur ce point tout à l'heure. Contentons-nous de signaler encore ce fait : les œufs une fois pondus, se développent assez rapidement.

La nature scientifique du produit évacué par la malade du Doubs étant connue, grâce à la détermination de M. Florentin, il m'a paru intéressant de faire un court résumé de l'état de la

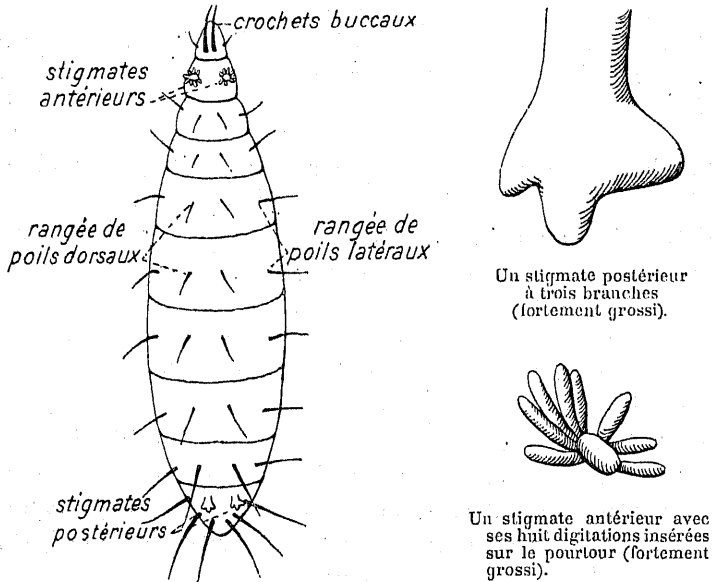


Schéma montrant les caractères morphologiques externes de la larve d'*Anthomyia canicularis* (grossie environ dix fois).

question de la « présence des larves de Diptères dans le corps humain ».

Cette étude a déjà fait l'objet d'un travail fort intéressant présenté par M. Pruvot, actuellement professeur à la Sorbonne, comme thèse inaugurale à la Faculté de médecine de Paris en 1882.

Tous les dictionnaires de médecine et les ouvrages de diagnostics médicaux indiquent bien des cas de maladies occasionnées par la présence de larves de Muscidées dans diverses parties du corps humain : oreilles, nez, surfaces de plaies externes, etc..., et sous le nom de *Myiasis*, on désigne ces diverses affections (de  $\mu\upsilon\alpha$ , mouche).

A dire vrai, des cas analogues à celui rapporté plus haut ont déjà été signalés, mais ils sont toujours très rares ; leur cause originelle est variable.

Voici à ce sujet, rapidement résumées, les observations principales se rapprochant le plus de celle que nous étudions aujourd'hui.



Observation du 25 mai 1882, rapportée dans le travail de M. Pruvot.

Il s'agit ici de larves de Diptères qu'on avait cru à tort expulsées du tube digestif d'un valet de chambre, M. Alfred X...; mais qui étaient tombées accidentellement dans la cuvette des cabinets. Ces larves étaient celles du *Teichomyza fusca*.

D'autres espèces de Diptères ont été signalées dans l'intestin et dans le tube digestif. En voici, d'après Hope, la nomenclature :

<i>Calliphora vomitoria</i> . . . . .	trouvée 1 fois.
<i>Lucilia cæsar</i> . . . . .	— 1 —
<i>Sarcophaga carnaria</i> . . . . .	— 6 —
<i>Musca domestica</i> . . . . .	— 3 —
<i>Musca cibaria</i> . . . . .	— 1 —
<i>Musca nigra</i> . . . . .	— 1 —
<i>Elophilus pendulus</i> . . . . .	— 2 —

Enfin, trois fois, on a trouvé des larves de Diptères qui ont été rejetées dans les selles, mais non déterminées. Seul, Jenyns, dans le Bulletin de la Société entomologique de Londres, en 1839, a signalé la présence, chez un clergyman d'environ soixante-dix ans, d'une quantité de larves de Diptères.

Le malade se plaignait de faiblesse générale, perte d'appétit, sensation désagréable à l'épigastre, comparable à un mouvement de trépidation (*tremulous motion*), et cela du printemps 1836 à l'automne de la même année. La guérison, dans ce cas, ne survint qu'à la suite de vomissements dans lesquels la présence de larves d'*Anthomyia canicularis* fut constatée.

M. Laboulbène a signalé aux comptes rendus de la Société de biologie une observation de M. le D<sup>r</sup> Jules Dubois, concernant une jeune femme qui souffrait de douleurs dans la région stomacale et qui rendit, par vomissement, une cinquantaine de larves d'*Anthomyia scalaris*.

Aucun doute ne peut exister sur leur détermination exacte, car elles ont été gardées et se sont développées jusqu'à l'état d'insecte ailé.

Deux autres observations du D<sup>r</sup> Roger (Société de biologie) ont montré aussi la présence de larves de *Teichomyza fusca*, d'une part, chez une femme (observation Callier, étudiant en médecine), et, d'autre part, chez un homme de trente-neuf ans, d'une santé dite délicate. Les observations complètes montrent

que les larves ont séjourné du milieu de janvier au 23 mai de la même année. Toutes les larves ont été expulsées par l'anus à la suite de lavements et purgations, et, le 3 juin, quelques larves encore ont été à nouveau rejetées. (Pendant quatre à cinq mois, par conséquent, les larves avaient habité le tube digestif du patient.)

A la suite de ces diverses observations, Pruvot constatait que : les larves étudiées sont revêtues d'une cuticule inaltérable aux agents chimiques — elles ont le corps recouvert d'épines qui les rendent propres à se fixer aux parois de l'estomac. Leurs réservoirs trachéens leur assurent une considérable provision d'air — elles peuvent, quoique plongées dans un milieu irrespirable, résister longtemps à l'asphyxie.

Et la fin du travail de Pruvot est un appel destiné à l'étude approfondie des cas de ce genre, car, dit-il, les observations sur ces sujets ne sont pas abondantes.

Ceci étant maintenant connu, revenons au cas signalé dans le service du D<sup>r</sup> Lorber.

La détermination de la larve ne laisse aucun doute au sujet de sa nature. Il s'agit bien ici de *Anthomyia canicularis*.

Comment la larve a-t-elle été introduite? Sous quelle forme a-t-elle pénétré dans le tube digestif de la malade? Voilà ce que formellement nous ne savons pas.

Mais, étant donné ce que nous savons des seules observations précédentes, il est permis d'admettre, et il est plus que probable que c'est là la vérité, que c'est sous forme d'œufs que les embryons de l'insecte ont été introduits.

A quelle époque exacte ces œufs ont-ils été absorbés par la jeune fille? nous ne le savons pas exactement non plus. L'observation étant muette sur ce point, et il est facile d'en comprendre le pourquoi; il est évident qu'un médecin dont l'attention n'est pas éveillée n'a pu penser, de prime abord, à la rareté du cas en face duquel il allait se trouver, et c'est pour cette raison que la date exacte où les premiers symptômes de malaises ont apparu n'a été notée, ni par la malade, ni par ses parents, ni par le médecin.

Il paraît cependant facile, à mon avis, de reconstituer toute cette histoire de la façon suivante :

Les œufs d'*Anthomyia*, déposés sur des feuilles ou des racines de végétaux (artichauts, cerfeuil, persil, salade, carottes, etc.), ont été ingérés avec ces portions *non cuites* végétales. Ces œufs

très petits, ont pu très facilement passer inaperçus au nettoyage de la salade ou de tout autre aliment, ils devaient être en très grand nombre, mais, on sait que les œufs de certains insectes, surtout ceux de certains diptères et de petits lépidoptères (la pyrale par exemple) sont très petits et à peine visibles quand ils sont frais.

Ils ont dû être absorbés à une période très voisine de leur éclosion, ou même peut-être déjà à l'état de larves minuscules encore contenues dans la coque de l'œuf. Dans tous les cas, ils ont dû se développer rapidement, après leur ingestion, et donner de nombreuses petites larves qui, munies, à la surface de leur corps, d'une multitude de petites épines barbelées, se sont fixées sur les parois de la muqueuse stomacale ou même surtout sur les muqueuses œsophagiennes. Grâce à ces épines très fines et dentelées, les larves résistent sans être entraînées par le liquide semi-solide alimentaire, les aliments mastiqués glissant sur les muqueuses sans pouvoir entraîner les larves.

Celles-ci continuent donc leur développement et augmentent de volume; pour cela, elles n'ont pas besoin d'emprunter de nourriture à l'hôte chez lequel elles sont fixées, car elles ne sont pas à proprement parler des « parasites ». Elles se suffisent à elles-mêmes, elles possèdent en effet des réserves graisseuses abondantes. Elles peuvent aussi résister longtemps à l'asphyxie, comme on sait, grâce à un système respiratoire trachéen particulier; d'où explication d'un long séjour que ces larves peuvent faire dans le tube digestif de leur hôte.

Ce n'est donc qu'au moment où les larves développées ont atteint 7 à 9 millimètres de long sur 2 à 3 millimètres de large qu'elles deviennent réellement gênantes, étant donné surtout leur nombre.

Si on veut bien se rappeler qu'un millier d'œufs près d'éclore peuvent être ainsi ingérés, que chacun d'eux donne une larve de 7 millimètres de long, que ces larves sont fixées sur la muqueuse œsophagienne (peut-être sur la muqueuse stomacale), on comprendra aisément la gêne sensible que doit occasionner la présence de tels locataires, gêne se manifestant par des troubles stomacaux mal définis au point de vue pathologique pur.

La symptomatologie de l'affection qui a frappé la malade qui nous intéresse permettrait simplement d'admettre que l'absorp-

tion des germes primitifs, sous forme d'œufs, a été faite dans le courant de l'été, vers le mois de mai ou juin de l'année 1903? Ce que nous connaissons des mœurs de la larve (voir observation Jenyns) permet d'expliquer l'évacuation survenue seulement en septembre de la même année.

Il eût été d'un grand intérêt scientifique de garder les larves vivantes, de les laisser éclore, d'obtenir l'insecte parfait et de faire des expériences à ce sujet; mais l'étrangeté du fait, sa rareté surtout, n'ont été relevées que trop tard, alors que les précautions nécessaires pour ce genre d'études biologiques expérimentales ne pouvaient plus être prises.

Quoi qu'il en soit, cette observation méritait d'être rapportée et discutée; elle peut, à mon avis, prendre place dans la bibliographie et l'histoire importante de ces faits (rapportés si vaguement parfois) causés par les larves de Diptères, et que nos collègues de la médecine ont désignés, avec Hope, sous le nom général de *Myiasis*.

*P.-S.* — Dans une lettre, en date du 26 février 1904, M. le Dr Lorber m'écrit, après avoir lu la note antérieure: « Je puis ajouter aujourd'hui, d'après des renseignements complémentaires, que ma petite malade avait mangé, en avril 1903, beaucoup de *cras-maillots* (nom vulgaire donné aux Pissenlits), qu'elle était allée chercher dans les prés et qui avaient été mangés en salade. »

Cette dernière donnée du problème est des plus importantes, elle confirme nettement les suppositions qui avaient été faites et montrent leur véracité.

Ce sont bien les Pissenlits qui, dans le cas particulier, ont servi de véhicule aux œufs de l'*Anthomyia*.  
C. B.

---

### Séance du 1<sup>er</sup> mars 1904.

#### Stations préhistoriques de Kleinkems (grand-duché de Bade), par M. Mathieu MIEG.

La masse blanche de calcaire rauracien, entrecoupée de fissures et de failles, qui forme de véritables falaises entre Istein et Kleinkems et qui, depuis l'Isteiner-Klotz, domine la plaine du Rhin, le Sundgau, la Haute-Alsace et les Vosges, doit avoir de tout temps attiré l'attention des hommes. Il n'est donc pas étonnant que ces rochers, avec leurs grottes naturelles, leurs plateaux couverts de forêts, aient servi de refuge et d'habitation aux peuplades préhistoriques qui se sont établies dans la région.

Dans deux précédentes notes <sup>1</sup>, j'ai décrit avec le D<sup>r</sup> H.-G. Stehlin la station préhistorique que j'avais découverte en 1900-1901. De nouvelles fouilles faites depuis aux environs de Kleinkems m'ont confirmé dans l'idée que cette station n'était pas isolée, et qu'il y avait chance d'en trouver d'autres dans les fentes et fissures dont sont sillonnés les calcaires d'Istein. En suivant la route qui mène d'Istein à Kleinkems, le long des falaises jurassiques, il est facile de se rendre compte qu'il existe deux niveaux de terrasses et de grottes bien distincts : l'inférieur qui correspond aux grandes crues et aux inondations du Rhin, inhabitable aux époques anciennes ; le supérieur, qui correspond exactement au niveau des grottes d'Istein — c'est-à-dire 50 à 55 mètres au-dessus du niveau actuel du Rhin, — que les circonstances géologiques ont rendu habitable à l'époque post-glaciaire.

Dans mes précédentes notes j'ai indiqué que les peuplades préhistoriques établies à Istein, au Hardberg, se sont répandues jusque vers Huttingen et le Buchgraben ; il était donc probable que des traces d'habitations préhistoriques se retrouveraient encore plus au nord vers Kleinkems. La découverte de grottes à Kleinkems est venue confirmer ces suppositions. Ces grottes sont situées à environ 120 à 150 mètres au sud de la gare de ce petit village, à côté de la route de Kleinkems à Istein, au pont de chemin de fer appelé Rothebruck, à l'endroit où se trouve établi un four à chaux. Les bancs exploités dans cette carrière pour la fabrication de la chaux appartiennent à la partie supérieure du Rauracien et au Séquanien <sup>2</sup> et les foyers ont été découverts dans les

1. « Note sur une station de l'époque paléolithique découverte à Istein (grand-duché de Bade). » (*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, 1901.) — « Sur l'âge et la faune de la station préhistorique d'Istein », par MM. Mathieu MIEG et H. G. STEHLIN. (*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, 1903.)

2. La coupe, à peu près semblable à celle de la station de Kleinkems, prise de haut en bas, est la suivante :

1° Sidérolithique, en couches irrégulières, variant de 0<sup>m</sup>,30 à 2 mètres ;

2° Séquanien : a) banc de calcaire compacte à nérinées (*Ptygmatis Buntrutana Thurm.*), épaisseur 1 mètre environ ; b) calcaire marneux à lamellibranches (astarés, de *A. supracorallina*), etc., 0<sup>m</sup>,30 environ ;

3° Rauracien. Calcaire compacte à *Terebratula insignis Schubl.*, etc., avec nodules de jaspe vers le sommet.

Les bancs calcaires inclinent avec une forte pente vers le nord-est ; ce n'est donc qu'en remontant vers le fond de la dépression de la Kachellue que l'on peut observer les calcaires marneux, noduleux, de la base du tertiaire qui se rencontrent au-dessus du sidérolithique sur une épaisseur de 3 à 4 mètres. Ces calcaires n'ont fourni jusqu'à présent, en fait de fossile, qu'une seule petite *Helix* sp., indéterminable.

grottes et fissures qui sillonnent ces calcaires, en exploitation dans la partie gauche de la dépression occupée par le four à chaux, dans le canton appelé Kachellflue.

Les calcaires de la partie droite, situés dans le canton appelé Vollenburg, sont recouverts d'une forte épaisseur de lœss dans lequel j'ai également trouvé des traces d'habitations préhistoriques dont il sera question plus loin.

Les grottes et fissures fouillées dans le canton Kachellflue ayant fourni des restes de foyers, au nombre de quatre, sont situées à une petite distance l'une de l'autre, à environ 7 mètres au-dessus de la ligne de chemin de fer.

La plus rapprochée de la gare de Kleinkems est une excavation de forme triangulaire, peu profonde, ayant 2<sup>m</sup>,90 de largeur à la base et environ 2<sup>m</sup>,30 de hauteur, communiquant dans le haut avec une fissure étroite et très allongée en forme d'entonnoir. Des restes de foyer, consistant en un mélange de silex taillés ou à l'état brut, d'ossements d'animaux brisés et de charbons emballés dans une terre noirâtre, ont été trouvés dans la partie gauche de la grotte, après son déblaiement. Cette grotte était comblée par du terrain sidérolithique entraîné par les eaux à travers la fissure du haut.

A 5 mètres et demi à l'est de cette première grotte s'en trouvait une seconde, sorte de cave à ciel ouvert, d'environ 3 mètres de largeur, limitée par deux fissures perpendiculaires, parallèles, s'enfonçant à environ 2<sup>m</sup>,50 de profondeur. Après avoir débarrassé cette cave des argiles sidérolithiques et des blocs éboulés de calcaire séquanien qui l'encombraient, on parvint à un premier foyer d'une épaisseur d'environ 15 à 20 centimètres, consistant en un mélange de terre, de charbons, de silex taillés ou à l'état brut et d'ossements d'animaux. Ce foyer reposait sur une couche de charbons d'environ 10 centimètres d'épaisseur et le fond de la cave, au-dessous des charbons, était grossièrement pavé avec de gros fragments de galets du Rhin brisés par le milieu.

A 2 mètres plus à l'est se trouvait une nouvelle fissure perpendiculaire, large d'environ 1 mètre et profonde d'environ 2 mètres. Cette fissure déblayée a fourni dans le fond des restes de foyers avec le même mélange de charbons de silex taillés ou à l'état brut et d'ossements d'animaux. Enfin à côté de cette fissure, mais un peu plus à l'est, s'est rencontrée une véritable grotte, large d'en-

viron 4 mètres, haute d'environ 1<sup>m</sup>,80, et s'enfonçant en profondeur d'environ 5 mètres vers l'intérieur de la colline.

Il est à remarquer que c'est seulement au fond de la grotte que des traces de foyers, consistant en un mélange de charbons, de silex taillés ou à l'état brut et d'ossements d'animaux, ont été rencontrées après le déblaiement. Ici, comme dans la plupart des grottes et fissures voisines, les foyers ne sont pas restés intacts, mais ils ont été en partie détruits et emportés par les eaux, postérieurement à l'époque à laquelle les grottes ont été habitées. Il suffit d'observer la dépression de terrain occupée par le four à chaux de la Kachelflue pour se rendre compte de l'important travail d'érosion qui s'est accompli dans ce canton.

Le lavage des grottes et des fissures du calcaire rauracien-séquanien s'est effectué par les eaux descendues des collines et par les remous et les crues du Rhin qui, à une époque peu éloignée, jusqu'à vers 1852, coulait encore à côté de la ligne de chemin de fer, au niveau de la route de Kleinkems à Istein<sup>1</sup>.

Les grottes de la Kachelflue sont situées à environ 22 mètres au-dessus de cette route et à environ 51 mètres au-dessus du niveau actuel du Rhin. Les crues de ce fleuve ont laissé des traces visibles dans la partie droite de la dépression occupée par les grottes, dans le canton Vollenburg, où une bande de gravier fin et de sable du Rhin était visible, sur une longueur d'environ 1 mètre, au milieu du lœss décapé, à un niveau de 1<sup>m</sup>,40 au-dessous de celui des grottes de la Kachelflue.

Les matériaux qui ont contribué au remplissage des grottes et des fissures dont nous venons de parler sont, outre les argiles sidérolithiques, le lœss remanié des plateaux qui occupe de grandes surfaces entre le Schafberg, Huttingen, Blansingen et même au delà.

Nous avons vu que les restes de foyers des quatre grottes et fissures fouillées à la Kachelflue renfermaient le même mélange de silex taillés et d'ossements d'animaux brisés et passés à l'état sub-fossile. Les silex, assez nombreux, d'origine variée, quoique en majorité du pays, sont bien semblables à ceux décrits dans mes deux précédentes notes<sup>2</sup>.

1. Cette route est en effet construite sur une terrasse formée par les alluvions récentes du Rhin.

2. Notes citées : première note, p. 4 et 5; deuxième note, p. 2 et 3.

Ils sont généralement de petite taille, et montrent partout la forme typique de couteaux, de grattoirs et de pointes, taillés d'un seul côté. Dans la cave pavée avec des galets du Rhin, un galet de quartzite, arrondi en forme de boule, paraissant avoir servi plutôt de broyon que de percuteur, a été trouvé au milieu du foyer avec les silex et les ossements d'animaux. Sauf cette unique pièce, les instruments en pierre polie<sup>1</sup>, ainsi que les objets en bronze font partout défaut.

Les dents et ossements retirés des cavernes de la Kachelflue ne sont en général, à cause du remaniement subséquent des foyers, ni très nombreux, ni très variés. M. le Dr Stehlin, qui a eu l'obligeance de les étudier, n'a pu le plus souvent arriver qu'au nom générique, sans pouvoir préciser par exemple s'il s'agissait du chevreuil ordinaire ou du pygargue, du sanglier ou du cochon, d'un bovidé domestique ou sauvage.

La première grotte n'a fourni que des fragments d'os de chevreuil.

La seconde, ou cave pavée, dont le foyer était le plus intact, renfermait :

*Castor fiber* : une molaire, une pisiforme.

*Sus* : une prémolaire inférieure, une incisive inférieure.

*Capreolus* : petits fragments d'os.

*Cervus elaphus* : taille de celui des Palafittes, une prémolaire inférieure, une incisive inférieure, fragments d'os.

Petit mammifère indéterminable : côte, fragments d'os.

Oiseau : taille un peu supérieure au merle, fragment de cubitus.

La troisième fissure contenait des éclats de dents de cerf élaphe et des fragments de phalange onguéale et de canon de chevreuil.

Dans la quatrième grotte la présence du cerf élaphe semble établie par un fragment de dent et un fragment de première phalange. Il y a en outre des traces d'un petit mammifère qui n'est pas susceptible d'une détermination précise.

La faune de la Kachelflue, quoique plus pauvre que celle d'Isstein, est donc également une faune de forêt très pure correspondant à la faune actuelle.

1. Les quelques fragments de poterie grossière rencontrés dans la fissure étroite, en forme d'entonnoir allongé, communiquant avec la première grotte sont évidemment d'âge plus récent que les foyers et semblent tout au plus remonter à l'époque de Hallstatt. Différents objets en bronze, paraissant dater de cette dernière époque, ont été trouvés autrefois dans le voisinage, dans le canton appelé : Im Geheld.



M. M. Boule, dans l'analyse qu'il a bien voulu faire, dans l'*Anthropologie*<sup>1</sup>, de notre dernière publication sur la station pré-historique d'Istein, après avoir constaté que la faune était actuelle et correspondait à une faune de forêt très pure, ajoute : « Les auteurs la font tout de même remonter à l'époque du Renne, ce qui est très discutable. »

Nous n'avons jamais prétendu que la station d'Istein fût de l'âge du Renne — et il sera facile de s'en convaincre en relisant notre travail, — nous avons au contraire insisté sur son âge franchement post-glaciaire.

Ce qui nous a engagés à lui assigner un âge un peu plus ancien que le néolithique, c'est l'absence de tous les produits de l'industrie franchement néolithique. Ainsi que nous l'avons fait remarquer, les silex des grottes d'Istein, comme ceux des cavernes de la Kachelflue, sont de petite taille et leur forme rappelle encore les produits typiques de l'industrie magdalénienne.

Pendant longtemps on a cru qu'un hiatus complet séparait les temps paléolithiques du néolithique ; mais depuis les découvertes de M. Piette au Mas-d'Azil (Ariège)<sup>2</sup> et d'autres découvertes semblables faites dans la caverne d'Oban<sup>3</sup>, en Écosse, on est complètement revenu de cette opinion. Comme le dit M. de Lapparent dans son *Traité de géologie*<sup>4</sup> : « Au Mas-d'Azil, sur une couche de cendres avec instruments et gravures de forme magdalénienne, se rencontre une couche rubanée, avec galets colorés par de la sanguine, où le Renne manque, ayant émigré au nord, tandis qu'on y rencontre des os de *Cervus elaphus* — d'où le nom d'époque élaphienne, — de sanglier, de bœuf, de castor, et des grattoirs en silex. »

C'est à cette période de transition, à laquelle on a donné le nom d'époque élaphienne, et qui, suivant M. de Lapparent, serait l'équivalent des Kjekkenmæddings du Danemark, qu'appartiennent les stations que nous avons décrites à Istein et à la Kachelflue, près de Kleinkems.

Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, la dépres-

1. *L'Anthropologie*, 1903, tome XIV, n° 3 (mai-juin), p. 325.

2. PIETTE, *Bull. Soc. anthropol.*, 18 avril 1895; *L'Anthropologie*, 1895, p. 276; 1896, p. 385.

3. BOULE, *L'Anthropologie*, 1896, p. 324.

4. A. DE LAPPARENT, *Traité de géologie*, 4<sup>e</sup> édit., p. 1576.

sion occupée par le four à chaux de Kleinkems a fourni, outre les grottes de la Kachelflue, d'autres traces d'habitations préhistoriques dans la partie droite des carrières située dans le canton appelé Vollenburg, du nom de la ruine qui se trouve à une petite distance au sud, au sommet de la colline.

Les calcaires séquanien-rauraciens de cette partie de la carrière sont recouverts par une terrasse de lœss qui s'élève en pente jusqu'au sommet de la colline où son épaisseur atteint environ 12 à 15 mètres. C'est en décapant ce lœss pour la pose des rails destinés au transport des calcaires extraits de la carrière, qu'on a rencontré dans le lœss gris normal, avec coquilles et concrétions calcaires — immédiatement au-dessus d'une petite fissure en forme de cuvette du calcaire séquanien, — l'ouverture d'une cave<sup>1</sup>, entièrement creusée dans le lœss qui, en cet endroit, a une épaisseur d'environ 4 mètres. Cette cave avait une largeur de 4 mètres environ, sur environ 4 mètres de hauteur et 3 mètres et demi de profondeur. Le sol de la grotte, passablement incliné vers la colline de lœss, était entièrement pavé avec des fragments irréguliers de grès tertiaire grossier ayant 10 à 30 centimètres de longueur, s'enchevêtrant l'un dans l'autre de manière à former un dallage bien uni.

Dans cette cave ne se trouvait pas un foyer proprement dit mais une grande quantité de silex taillés ou à l'état brut, répandus sur le sol et mélangés avec du lœss et d'assez nombreuses concrétions calcaires, le tout aggloméré par les eaux d'infiltration de la grotte. La couche renfermant les silex, d'une épaisseur d'environ 30 centimètres, contenait quelques charbons<sup>2</sup> mais presque pas d'ossements d'animaux<sup>3</sup>, ce qui semble prouver que cette grotte ou cave a servi plutôt d'atelier de taille de silex que d'habitation aux populations préhistoriques. Contrairement à ceux d'Istein et de la Ka-

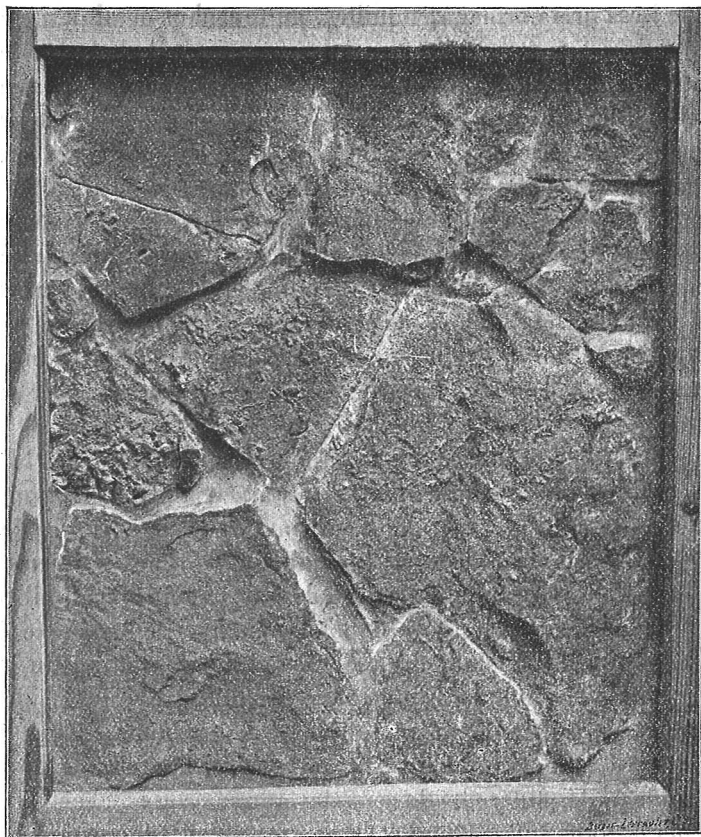
1. Cette cave est située à environ 2 mètres au-dessous du niveau des grottes du canton Kachelflue qui sont en face.

2. D'après les déterminations faites par M. Fliche, ces charbons proviennent de bois de chêne et probablement aussi de charme.

3. Sauf quelques morceaux indéterminables, les divers fragments d'os rencontrés provenaient du lœss lui-même dont ils avaient le facies blanc-crayeux. Avec ces fragments durcis, M. Steblin a pu reconstituer un os assez long correspondant à l'avant-bras gauche d'un *Equus* gracile et plutôt petit.

Un fragment de la diaphyse du canon gauche postérieur, une molaire supérieure et un fragment d'une autre molaire de bœuf, appartenant à une race domestique assez forte ont été rencontrés dans le lœss, à côté de la grotte.

chellvée, les silex trouvés dans la grotte sont parfois de grande taille — 7 à 8 centimètres de longueur, — en forme de feuille



Fragment reconstitué du pavé de la cave creusée dans le loess.

d'artichaut, mélangés à d'autres de dimension moyenne ou de petite taille. Ceux-ci, taillés d'un seul côté, ont la forme de couteaux, de grattoirs et de pointes. La matière première, sauf de rares exceptions, est empruntée aux nodules siliceux des calcaires rauraciens du voisinage. Deux pièces, dont la taille est un peu rudimentaire, pourraient avoir servi comme pointe de flèche, un silex taillé présente un de ses côtés dentelé en forme de scie.

Des silex taillés, des charbons et des fragments d'os, trouvés à l'état isolé dans le loess, au même niveau que la cave dallée, nous

ayant fait supposer que cette station n'était pas isolée, nous avons fait des recherches et avons trouvé à environ 40 mètres à l'est de la cave un gisement du même âge que celui-ci. Ce dernier, situé dans le lœss gris normal à coquilles, au tournant de la petite voie ferrée qui sert au transport des matériaux retirés de la carrière, au même niveau que la cave, s'étend sur une longueur d'environ 4<sup>m</sup>,80. Il renfermait de nombreux silex taillés ou à l'état brut, exactement semblables à ceux de la cave dallée, plusieurs beaux nucleus, des charbons, une molaire supérieure de *Bos*<sup>1</sup> et divers fragments d'os indéterminables. La pièce la plus intéressante consiste en une valve perforée de *Pectunculus*<sup>2</sup> paraissant avoir servi comme parure. Pour faciliter le travail de perforation, le crochet de la coquille a été aminci par une usure préalable sur un corps dur. Quelques cailloux et fragments de quartzite, dont l'un présente une surface polie, trouvés avec les silex, peuvent avoir servi à cet usage.

La station que nous venons de signaler est située sur les bords d'une terrasse de lœss, et, comme le faisait déjà observer mon regretté ami le Dr Bleicher<sup>3</sup>, dans les stations préhistoriques de ce genre les débris de l'industrie humaine, ainsi que les ossements d'animaux ont pu être enfouis dans de telles conditions qu'ils ont l'air d'être contemporains du dépôt limoneux. Plus récente que celles des grottes d'Istein et de la Kachelflue, la station du lœss du canton de Vollenburg nous semble donc devoir être considérée comme étant franchement néolithique. Ce qui nous engage à la considérer comme étant de cette époque, c'est la présence de silex de grande taille, différents de ceux des autres grottes, et celle d'ossements de bœuf appartenant à une race plutôt domestique que sauvage.

Les hommes qui ont habité les grottes d'Istein et celles de la Kachelflue vivaient du produit de leur chasse et de leur pêche ;

1. Un fragment de mandibule de *Bos*, un canon postérieur gauche du même animal, un fragment de tibia et un fragment de côte de *Sus* ont été trouvés à côté de ce deuxième gisement.

2. Cette coquille, par sa forme et sa taille, présente beaucoup d'analogie avec celle de l'assise à galets colorés de la grotte du Mas-d'Azil, figurée par M. H. Fischer dans l'*Anthropologie*. Voy. H. FISCHER, « Note sur les coquilles récoltées par M. E. Piette dans la grotte du Mas-d'Azil (Ariège). » (*Anthropologie*, t. VII, année 1896, p. 636, fig. 6.)

3. BLEICHER et AUG. GASSER, « Note sur la découverte de silex taillés dans le lehm de Soultz. » (*Bull. Soc. d'hist. nat. de Colmar*, 1889-1890, p. 350.)

ceux qui ont creusé la cave du lœss du canton de Vollenburg semblent s'être déjà livrés à l'élevage et à l'agriculture. D'après M. de Lapparent<sup>1</sup>, il est probable qu'à la fin des temps paléolithiques l'Europe a été envahie par une population nouvelle de type asiatique, venue de l'Orient avec sa civilisation propre et déjà adonnée aux travaux agricoles. La nouvelle civilisation aurait fusionné avec la précédente en l'effaçant presque partout par sa supériorité.

En résumé on peut dire que la station de la Kachelflue, par sa faune et les restes d'industrie humaine qui y ont été trouvés, est du même âge que celle des grottes d'Istein, c'est-à-dire asylienne-élapienne, correspondant à une époque de transition entre le paléolithique et le néolithique.

La station du canton Vollenburg par contre est franchement néolithique et se rapproche de celle de Soultz (Haute-Alsace) décrite par MM. A. Gasser et Bleicher<sup>2</sup>, et d'autres stations de ce genre situées sur les bords des terrasses de lœss.

### Séance du 15 mars 1904.

#### Sur quelques modifications à la reproduction des cloisons des Ammonites par la photographie, par René NICKLÈS.

J'ai indiqué, il y a longtemps déjà, en 1893<sup>3</sup>, le moyen de reproduire avec une exactitude très approchée le dessin de la ligne de suture des Ammonites en se servant de la photographie. J'ai eu maintes fois, depuis, occasion d'appliquer ce procédé et y ai introduit quelques modifications dont la description va être l'objet de cette note.

Ce procédé photographique repose, on le sait, sur la longueur invariable de la chambre noire pour une même série de photo-

1. A. DE LAPPARENT, *Traité de géologie*, 4<sup>e</sup> édit., p. 1576.

2. *Bull. Soc. hist. nat. de Colmar*, 1889-1890, p. 347. *Idem*, 1891-1894, p. 115. AUG. GASSER, « Station préhistorique de Soultz ». (*Feuille des jeunes naturalistes*, XXIII<sup>e</sup> année, 1893, nos 272 et 273.) AUG. GASSER, *Contribution à l'étude du lehm dans la vallée rhénane*.

3. « Application de la photographie au dessin des cloisons des Ammonites. » (*Bull. de l'Assoc. amicale des élèves de l'École supérieure des mines*, 1893.)

graphics, ce qui assure un grossissement identique à chacune d'elles. La mise au point s'exécute en avançant ou reculant l'objet au moyen d'une vis fileté commandant un chariot mobile M qui porte l'objet. La vis fileté se prolonge par une tige jusqu'à l'extrémité de la chambre noire, et se termine par une manivelle près du châssis de mise au point. En photographiant ainsi une Ammonite dans cinq ou six positions successives, quelquefois moins (cela dépend de la courbure de la section), on obtient autant de clichés de la ligne de suture dans ses positions diverses. Comme ces photographies ont toutes exactement le même grossissement puisque la longueur de la chambre noire n'a pas varié, on n'a plus qu'à raccorder les épreuves et on a un développement sur un plan aussi approché que possible de la réalité.

Ce système qui nécessite un peu plus de temps, qui nécessite aussi, il est vrai, l'ennui de quelques opérations photographiques, a sur le dessin à la chambre claire plusieurs avantages :

1° Il supprime toute fatigue pour la vue de l'observateur : cette fatigue est extrême en effet lorsqu'on veut dessiner à la chambre claire certaines cloisons très compliquées, celles des *Desmoceras* par exemple ;

2° En raison même de cette fatigue, après plusieurs heures de séance ou même moins, l'accommodation de l'œil ne se fait plus de la même façon ; en remettant au point on change le niveau de la chambre claire et comme le papier sur lequel on dessine ne suit pas ces changements de niveau, après s'être donné beaucoup de peine on arrive à avoir des dessins successifs se raccordant mal ;

3° Les objectifs de microscope ont des foyers trop courts pour ne pas déformer l'image d'un relief ; les objectifs photographiques au contraire, à foyer plus long, donnent des images se rapprochant à très peu près de l'idéal, c'est-à-dire d'une projection orthogonale.

Tels sont, d'une façon sommaire, le principe de l'appareil et les avantages de cette méthode.

Les perfectionnements que j'ai cherché à y apporter depuis 1893 portent sur trois points :

- L'objectif ;
- Le porte-objet ;
- Le décalque de la ligne de suture.

### 1° L'objectif.

Utilisant les savants et précieux conseils du colonel Defforges, alors capitaine, j'avais fait les premiers essais avec un des objectifs Dallmeyer qui avaient servi à exécuter les photographies du passage de Vénus sur le soleil (mission de Floride) : cet objectif avait été mis gracieusement à ma disposition par le regretté général Perrier, alors directeur du service géographique de l'armée. Cet objectif a donné d'excellents résultats et m'a permis de figurer les cloisons de *Mortoniceras* et *Pulchellia* et de *Desmoceras* etc., qui ont été publiées en 1891 et 1894 dans ma thèse et dans les *Mémoires de Paléontologie de la Société géologique de France* (2° fascicule).

Dans l'appareil que j'ai fait construire pour le laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Nancy, je me sers d'un Planar de Krauss de 100 millimètres de foyer qui possède non seulement le mérite de reproduire des agrandissements de reliefs très nets à 15 ou 20 diamètres, mais d'être en même temps très lumineux, ce qui abrège notablement la durée de la pose. Avec un soufflet de 2 mètres ou même de 1<sup>m</sup>,80 de longueur cet objectif peut suffire largement pour les cloisons les plus compliquées ; et sa distance focale est assez grande pour donner des photographies sans déformations sensibles.

### 2° Le porte-objet.

Dans la photographie des cloisons d'ammonites, le porte-objet a une certaine importance : il s'agit en effet de photographier la même cloison dans toutes ses parties. Or, dans les échantillons très petits la cloison est de dimensions très réduites, et si on n'a pas un porte-objet conservant exactement la même hauteur dans toute la série des opérations, on s'expose à de nombreuses pertes de temps pour ramener l'image agrandie de l'objet au centre de la plaque. Le porte-objet dont je vais donner ici les traits essentiels me semble mériter d'être indiqué aux paléontologistes en raison des services qu'il peut rendre.

Un petit plateau horizontal P en laiton repose sur l'extrémité

d'une tige cylindrique verticale de métal, et peut tourner sur elle à frottement doux, le plateau restant dans un plan horizontal.

Cette tige est soudée à une crémaillère C qui permet de hausser ou d'abaisser l'objet.

Ici s'est présentée une petite difficulté qui a été, comme on le verra, aisément résolue par M. Pierre GaiFFE, le fils du regretté et savant opticien de Nancy, qui, géologue dans ses rares moments de loisir, a légué au laboratoire de géologie de la Faculté des sciences une magnifique collection paléontologique du jurassique de la Lorraine.

La hauteur totale du porte-objet ne peut excéder la distance verticale de l'objectif au chariot mobile M de l'appareil. La crémaillère ne peut donc excéder — ni même atteindre dans la pratique — la moitié de cette hauteur ; et il peut arriver que les échantillons étant de diamètre plus grand que la moitié de cette hauteur on arrive, en mettant la crémaillère au point le plus bas, à les placer encore au-dessus de l'axe optique de l'objectif. Or ici, avec des grossissements de douze à quinze fois, il ne peut être question de décentrement : l'image ne serait plus nette.

M. Pierre GaiFFE a imaginé de donner à la crémaillère une longueur notablement inférieure à la moitié de la hauteur du porte-objet, et de disposer la base de cette crémaillère en tubes rentrants comme ceux des lunettes d'approche. Une vis de serrage V permet de donner une situation fixe au tirage qu'on a jugé convenable.

Pour placer une cloison devant l'objectif, on fixe l'Ammonite sur le plateau avec de la cire molle, de façon que son plan diamétral soit sensiblement vertical ; on desserre la vis de serrage et on descend à fond la crémaillère ; on élève le tube supérieur jusqu'au niveau qu'on juge convenable : entièrement si l'Ammonite est très petite ; si elle est assez grande, jusqu'à ce que son centre soit un peu au-dessous de l'axe de l'objectif ; on serre la vis de serrage ; on élève doucement la crémaillère jusqu'à ce que la ligne diamétrale de la cloison soit traversée sensiblement par l'axe optique de l'objectif ; on place, en tournant légèrement le plateau P, la surface de la portion de cloison à photographier perpendiculairement à l'axe de l'appareil ; et l'on n'a plus qu'à mettre au point en tournant dans un sens ou l'autre la manivelle placée près de la glace de mise au point.



Le porte-objet est, ainsi que je l'ai dit, placé sur un chariot rendu mobile transversalement par une vis filetée qu'on peut faire agir pour les très petits déplacements latéraux.

La première photographie effectuée, on tourne le plateau P d'un angle à apprécier suivant la courbure de l'Ammonite ; on l'amène ainsi dans une deuxième position ; on met au point, ce qui est facile, l'objet y étant encore presque ; on fait un deuxième cliché, et ainsi de suite.

Le plateau mobile P peut être enlevé facilement du sommet de la tige sur laquelle il repose simplement à frottement doux : on peut le remplacer, si l'on veut, par une lyre à ressorts permettant de placer verticalement une préparation de roche en lame mince devant l'objectif. On peut ainsi obtenir des photographies agrandies à 20 diamètres et plus, si on emploie un objectif de plus court foyer : l'appareil photographique pouvant employer des plaques  $24 \times 30$  on peut ainsi avoir un champ relativement considérable pour des agrandissements de 20 à 40 diamètres. On pourrait même employer des objectifs de microscope ; mais jusqu'ici la netteté m'a paru moindre. L'avantage de cette méthode serait de pouvoir faire avec un grossissement identique l'agrandissement de plusieurs portions d'une même préparation en lame mince et de les raccorder ensuite.

### 3° Le décalque de la ligne de suture.

Pour décalquer *exactement* la ligne de suture, le procédé préférable entre tous est de repasser à l'encre de Chine la trace de la suture sur une épreuve photographique, de faire disparaître ensuite la photographie par un réactif respectant l'encre de Chine. On peut ensuite faire reproduire le dessin en photogravure.

J'ai primitivement employé le papier au ferroproussiade qui donne des épreuves bleues si fréquemment employées dans l'industrie. Après en avoir repassé les contours à l'encre de Chine et les avoir laissés sécher suffisamment (douze heures environ : on peut même les considérer comme suffisamment secs en laissant l'épreuve pendant dix minutes à une température de  $40^{\circ}$  à  $50^{\circ}$ ), on passe sur eux un pinceau imbibé d'une solution moyennement concentrée, 12 p. 100 environ, de carbonate de soude : presque tout disparaît, mais il reste encore dans les bleus foncés des ombres une

légère teinte jaune. C'est un inconvénient, le jaune venant en gris ou même en noir en photographie, et pouvant être une cause d'insuccès pour la reproduction en photogravure.

Si l'épreuve n'a qu'une teinte faible, si le cliché ne présente pas d'oppositions, on peut éviter le badigeonnage au carbonate de soude. En photographie la teinte bleue, si elle n'est que bleu clair, ne vient presque pas ; mais pour peu qu'il y ait des oppositions marquées dans les tons de l'épreuve il faut ou prendre un calque sur papier transparent par le procédé habituel, ou avoir recours à un autre procédé.

M. Chevallier, préparateur de minéralogie à la Faculté des sciences de Nancy, a eu l'obligeance de me communiquer un moyen qu'il emploie depuis une douzaine d'années et qui permet d'obtenir d'excellents résultats avec le papier bleu ; le voici :

On dessine l'épreuve au ferroproussié avec de l'encre de Chine dans laquelle on a dissous un petit cristal de bichromate de potasse : en laissant sécher *en pleine lumière* pendant quelques heures l'insolubilité de l'encre est assurée.

On plonge l'épreuve dans une solution étendue d'ammoniaque. La teinte bleue disparaît, on lave ensuite à grande eau. S'il restait quelques traces jaunes dans les parties qui étaient d'un bleu foncé, on les enlèverait en traitant par de l'acide chlorhydrique très étendu puis par l'ammoniaque. De cette façon le fond du papier reste parfaitement blanc.

Le seul inconvénient du procédé au ferroproussié est la lenteur du tirage (environ deux fois plus de temps qu'au papier au citrate et trois fois plus qu'au papier salé) : par les journées sombres de l'hiver, si le cliché est vigoureux, il faut souvent plusieurs jours pour tirer une épreuve.

Un procédé très rapide au contraire consiste à employer le papier au gélatino-bromure : mais ici, après avoir repassé les détails à l'encre de Chine bichromatée, les teintes de l'épreuve sont enlevées en immergeant dans un mélange de solutions d'hyposulfite de soude et de ferricyanure de potassium <sup>1</sup>.

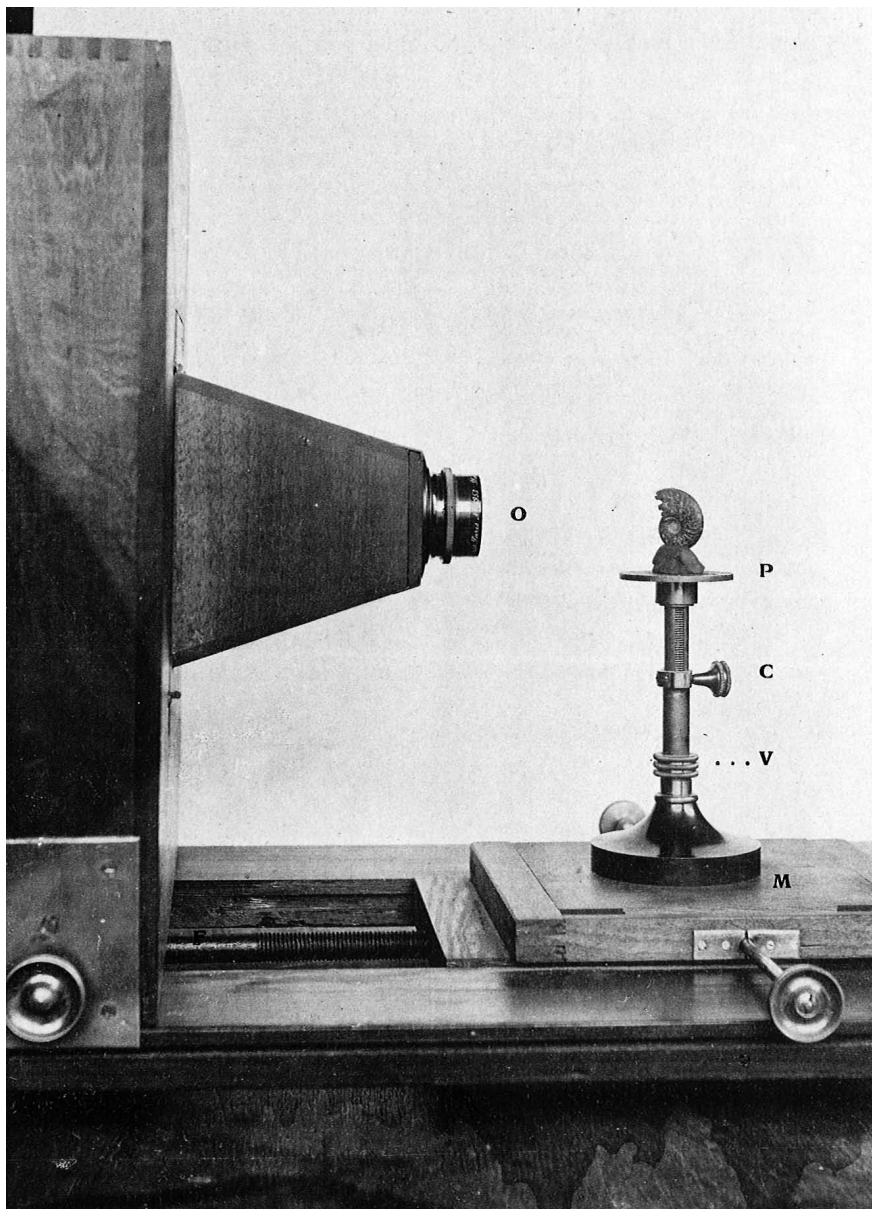
Il existe un autre procédé sur lequel je crois aussi devoir insister : au lieu d'employer le papier bleu je me sers de papier salé sensibilisé au chlorure d'argent ; l'épreuve tirée à sa valeur

1. Indications inédites communiquées par M. Chevallier.

exacte est repassée à l'encre de Chine à la lumière d'une lampe ou d'un gaz, sans être virée ni fixée : l'encre de Chine ayant bien séché, on la plonge dans un bain à 5 p. 100 de bichlorure de mercure additionné de chlorure de sodium pour en faciliter la dissolution après l'avoir lavée à l'eau courante. Toutes les teintes de l'épreuve photographique disparaissent de la façon la plus absolue ne laissant qu'un fond absolument blanc sur lequel se détache l'encre de Chine. Il faut laisser l'épreuve un quart d'heure dans le bain pour que l'action du bichlorure soit complète : sinon l'épreuve pourrait à la longue se teinter à nouveau en la laissant au jour. Si l'on avait préalablement fixé l'épreuve on aurait des teintes brunes ou jaunes comme dans le cas précédent.

Le papier salé donne de bonnes épreuves qui sont loin cependant d'avoir la netteté et la vigueur des papiers brillants tels que le papier au citrate d'argent. Aussi sur le papier salé bien des détails sont atténués, et on peut se trouver en présence de trajets incertains de la ligne de suture : il est utile et même nécessaire d'avoir sous les yeux pendant l'exécution du dessin une épreuve tirée sur papier brillant, enfin l'échantillon lui-même avec la loupe ou le microscope suivant le grossissement, l'échantillon étant fortement éclairé au moyen d'une lentille convergente : de cette façon on réduit au minimum les incertitudes et par suite les erreurs.

Ce procédé au papier salé n'est pas applicable seulement au dessin des cloisons des Ammonites : il est aussi des plus utiles pour établir des croquis de paysages où l'on a à accentuer des faits d'un ordre quelconque, soit topographiques, soit géologiques. Il permet d'inscrire toutes les indications, les cotes, tout en conservant aux pentes, aux profils et à la perspective en général une exactitude absolue : en les faisant réduire légèrement on peut ainsi, sans être dessinateur habile, exécuter des dessins qui ont le double mérite d'être très exacts et d'avoir très bon aspect : la photogravure les reproduit avec la plus grande fidélité.



PHOTOTYPÉ A. BERGERET & C<sup>ie</sup>, NANCY.

PHOTOGRAPHIE DES CLOISONS D'AMMONITES

## BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

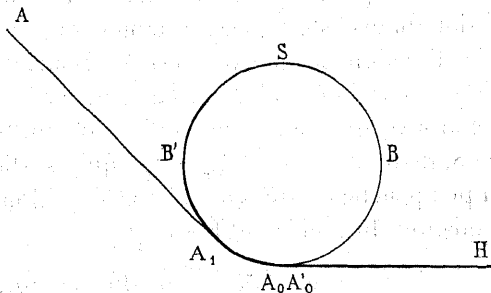
## SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

*Séance du 19 juin 1903.*

Sur le « looping the loop », par M. G. FLOQUET.

Dans ce travail, je considère une piste fixe, dont je néglige les dimensions latérales et que je regarde comme comprise tout entière dans un même plan vertical. Cette piste affecte la forme d'une boucle composée et orientée de la manière suivante :

1° une partie circulaire  $A_0BSB'A'_0$ ; 2° une partie rectiligne  $A'_0H$ , qui prolonge, suivant la tangente au point le plus bas  $A'_0$ , le quadrant  $B'A'_0$  de la circonférence précédente; 3° un arc  $A_0A_1$ , moindre que  $90^\circ$ , de cette circonférence et qui en prolonge au point le plus bas  $A_0$  le quadrant  $BA_0$ ; 4° une partie rectiligne  $A_1A$  prolongeant l'arc précédent  $A_0A_1$  suivant la tangente à son extrémité  $A_1$ . La ligne mixte  $AA_1 + A_1A_0 + A_0BSB'A'_0 + A'_0H$ , qui en réalité est gauche, et dont les diverses parties se raccordent à leurs points de jonction, constitue la boucle en question.



Si une bicyclette et son cavalier, placés d'abord en A sur la piste, étaient abandonnés à eux-mêmes sans vitesse, ils pren-

draient un mouvement qu'il est facile d'étudier sous certaines conditions. C'est ce que je ferai dans un travail prochain. Je me borne actuellement à considérer le cas d'un disque homogène. Un tel disque, placé en A, étant abandonné à lui-même, je me propose de trouver les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il *boucle la boucle* en roulant constamment, sans jamais glisser; je chercherai en outre quelles sont, lorsque ces conditions sont réalisées, les principales circonstances du mouvement.

Le coefficient de frottement de glissement du disque sur la piste sera désigné par  $f$ . Je ferai abstraction de la résistance au roulement, qui est ici négligeable. Mais, pour rendre notre cas plus comparable à celui d'une bicyclette avec son cavalier, qui ont à subir la résistance de l'air, je supposerai qu'au centre du disque, en sens contraire de sa vitesse, est appliquée une force  $KV^2$  proportionnelle au carré de cette vitesse. On sait en effet que, dans l'air calme, la résistance éprouvée par un cycliste et sa machine est de cette forme,  $K$  étant un coefficient variable avec la taille du cycliste, avec sa position et la forme de ses vêtements<sup>1</sup>. Les expériences de M. Guye, puis celles de M. Bourlet ont montré que  $K$  est égal, en moyenne, à  $0,06 S$ ,  $S$  étant la surface offerte par le cycliste à l'air, c'est-à-dire la surface de la projection du cycliste et de sa machine sur un plan perpendiculaire à la direction du mouvement. M. Bourlet a de plus mesuré la surface  $S$ , qui dépend de la taille et de la position du cavalier : il a trouvé que, pour un cycliste de taille moyenne,  $S$  est de  $0^m,8$ , de  $0^m,6$  ou de  $0^m,4$ , selon qu'il se tient absolument droit, un peu penché ou très courbé sur le guidon. Les valeurs correspondantes du coefficient  $K$  sont :

$$0,048, \quad 0,036, \quad 0,024.$$

J'adopterai la valeur  $0,04$  et je poserai :

$$K = \frac{\lambda}{g^2},$$

$g$  désignant l'accélération due à la pesanteur ou  $9^m,81$  par seconde; d'où :

$$\lambda = 0,04 \times (9,81)^2 = 3,85.$$

1. BOURLET, *Nouveau traité des bicycles et bicyclettes. Le travail.*

Dans une première partie, je traite la question au point de vue théorique, quelle que soit la grandeur de  $\lambda$ , sans profiter en aucune façon de ce que  $K$  est relativement petit. Une deuxième partie est consacrée à une application numérique, où j'attribue à  $\lambda$  la valeur numérique que je viens d'indiquer.

## PREMIÈRE PARTIE

### THÉORIE

1. Je désignerai par  $R$  le rayon de la circonférence  $A_0 B S B' A'_0$ , par  $i$  l'angle au centre de l'arc  $A_1 A_0$ , angle qui mesure l'inclinaison de la droite  $AA_1$  sur l'horizon ; enfin  $D$  représentera la longueur  $AA_1$ .

J'appellerai  $p$  le poids du disque homogène,  $r$  son rayon,  $k$  son rayon de gyration par rapport à son centre, auquel cas  $k^2$  est égal à  $\frac{r^2}{2}$ .

Les forces qui sollicitent le disque regardé comme libre sont le poids  $p$  et la résistance  $\frac{\lambda}{g^2} V^2$  appliqués à son centre, puis les deux réactions de la piste appliquées au point  $M$  de contact.  $N$  désignera la réaction normale, estimée positivement vers le centre  $C$  du disque, et  $T$  la réaction tangentielle, estimée positivement dans le sens  $AA_1 A_0 B S B' A'_0 H$ .  $V$  représente d'ailleurs la vitesse du centre du disque comptée positivement dans ce dernier sens, de sorte que, quand il roule sans glisser, sa vitesse angulaire  $\omega$  est égale à  $-\frac{V}{r}$ , en grandeur et en signe. J'appellerai  $V_1, V_0, V'_0$  les valeurs que prend  $V$  lorsque le disque vient toucher la piste en  $A_1$ , en  $A_0$  et en  $A'_0$ .

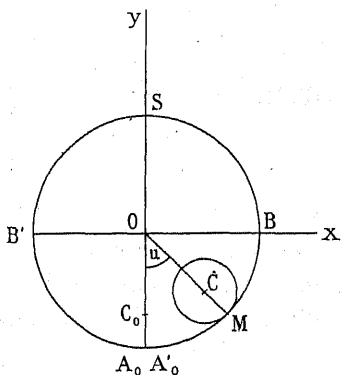
Quand le disque roulera, un seul paramètre définira sa position.

Je vais l'examiner successivement sur les différentes parties de la piste : je rapprocherai ensuite les résultats. Je m'occuperai enfin du temps que met le disque à boucler la boucle.



## I.

2. Je considère ici la circonférence  $A_0BSB'A'_0$ , sur laquelle le disque arrive avec la vitesse  $V_0$  pour son centre. Mais je suppose qu'il ne peut que rouler sur elle et, de plus, qu'il ne peut la quitter, la liaison étant bilatérale. C'est dans ces hypothèses que je vais chercher quel doit être  $V_0$  pour que le disque fasse au moins une fois le tour de la circonférence et étudier, dans ce cas, les variations de la vitesse  $V$  et des deux réactions  $N$  et  $T$ .



Soient  $ox$ ,  $oy$  deux diamètres rectangulaires,  $ox$  parallèle à  $V_0$  et de même sens,  $oy$  vertical ascendant. Prenons comme paramètre définissant la position du disque

l'angle  $u$  que fait le rayon  $OC$  mené vers son centre avec le rayon vertical descendant  $OA_0$ , cet angle étant compté à partir de  $OA_0$  positivement vers  $ox$ .

L'équation des forces vives donne la vitesse  $V$  en fonction de  $u$ . Effectivement, le travail élémentaire du poids est  $-p(R-r)$

sin  $u$   $du$ , et celui de la résistance est  $\mp \frac{\lambda}{g^2}(R-r)V^2 du$ , en

prenant le signe  $-$  ou le signe  $+$ , selon que le centre  $C$  marche dans le sens des  $u$  croissants ou des  $u$  décroissants. Les travaux des deux réactions  $N$  et  $T$  sont d'ailleurs nuls. Quant à la force

vive du disque, elle est  $\frac{p}{g}V^2 + \frac{p}{g}k^2\frac{V^2}{r^2}$ , c'est-à-dire  $\frac{3}{2}\frac{p}{g}V^2$ . D'où

l'équation des forces vives qui, en posant :

$$(1) \quad \frac{2(R-r)}{3pg} = n,$$

s'écrit :

$$(2) \quad \frac{d(V^2)}{du} + 2n\lambda V^2 = -2npg^2 \sin u,$$

pour le cas où le disque marche dans le sens des  $u$  croissants. Comme c'est ce qui a lieu au début, l'équation (2) convient tant



que le disque ne rétrograde pas. S'il y avait rétrogradation, il faudrait changer  $\lambda$  en  $-\lambda$  dans l'équation. Son intégrale générale est :

$$V^2 = C e^{-2n\lambda u} + \frac{2np g^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (\cos u - 2n\lambda \sin u);$$

C étant une constante qui se détermine en écrivant que, pour  $u = 0$ ,  $V^2$  est égal à  $V_0^2$ . Si l'on pose

$$\frac{4n^2\lambda^2 + 1}{2np g^2} C = m,$$

auquel cas on a

$$(3) \quad m = \frac{4n^2\lambda^2 + 1}{2np g^2} V_0^2 - 1,$$

il vient

$$(4) \quad V^2 = \frac{2np g^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (m e^{-2n\lambda u} + \cos u - 2n\lambda \sin u),$$

où  $m$  a une valeur (3) supérieure à  $-1$  et qui convient tant que le disque ne rétrograde pas.

Ayant  $V^2$  en fonction de  $u$ , les deux équations du mouvement du centre de gravité vont donner les réactions  $N$  et  $T$ . Écrivons-les sous leur forme intrinsèque

$$\begin{aligned} \frac{p V^2}{g(R-r)} &= N - p \cos u, \\ \frac{p}{g} \frac{dv}{dt} &= T - p \sin u - \frac{\lambda}{g^2} V^2. \end{aligned}$$

En tenant compte de (1), la première s'écrit

$$(5) \quad N = p \cos u + \frac{2 V^2}{3ng^2}.$$

Quant à la seconde, on peut l'écrire

$$\frac{p}{g} \frac{dv}{du} \frac{du}{dt} = T - p \sin u - \frac{\lambda}{g^2} V^2,$$

ou, en tenant compte de

$$V = (R-r) \frac{du}{dt}$$

et de la formule (1)

$$\frac{1}{3ng^2} \frac{d(V^2)}{du} = T - p \sin u - \frac{\lambda}{g^2} V^2,$$

ou encore, à cause de (2),

$$(6) \quad T = -\frac{1}{6ng^2} \frac{d(V^2)}{du} = \frac{p}{3} \sin u + u \frac{\lambda V^2}{3g^2}.$$

Remarquons que la première égalité (6) s'obtient immédiatement par l'application du théorème des moments des quantités de mouvement relativement à des axes parallèles à  $ox$  et  $oy$  menés par le centre de gravité  $C$ . En lui adjoignant les deux équations du mouvement du point  $C$ , on retombe finalement sur les mêmes équations (2), (5) et (6).

Remarquons aussi que les équations qui conviennent au mouvement rétrograde du disque se déduisent des précédentes en y changeant  $\lambda$  en  $-\lambda$  et  $T$  en  $-T$ .

Les réactions  $N$  et  $T$  sont donc données par (5) et (6), ou encore, en remplaçant  $V^2$  par sa valeur (4),

$$(7) N = \frac{4p}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} \left( me^{-2n\lambda u} + \frac{12n^2\lambda^2 + 7}{4} \cos u - 2n\lambda \sin u \right),$$

$$(8) T = \frac{P}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} (2n\lambda me^{-2n\lambda u} + 2n\lambda \cos u + \sin u).$$

3. Avec les liaisons que nous supposons actuellement, l'étude de la seule vitesse suffit pour obtenir la condition que doit remplir  $V_0$  pour que le disque fasse une fois le tour complet de la circonférence.

Posons

$$\varphi(u) = me^{-2n\lambda u} + \cos u - 2n\lambda \sin u,$$

auquel cas la formule (4) donne

$$V^2 = \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} \varphi(u).$$

Remarquons d'abord que les valeurs de  $u$  qui annulent à la fois  $\varphi(u)$  et sa dérivée  $\varphi'(u)$  annulent aussi  $\sin u$ , car les équations simultanées

$$\begin{aligned} me^{-2n\lambda u} + \cos u - 2n\lambda \sin u &= 0, \\ -2n\lambda me^{-2n\lambda u} - \sin u - 2n\lambda \cos u &= 0, \end{aligned}$$

donnent  $\sin u = 0$ . Cela posé, on a :

$$\begin{aligned}\varphi(0) &= m + 1 > 0, \\ \varphi(\pi) &= e^{-2n\lambda\pi} (m - e^{2n\lambda\pi}).\end{aligned}$$

Soit alors  $m < e^{2n\lambda\pi}$  :  $\varphi(0)$  et  $\varphi(\pi)$  étant de signes contraires, la fonction continue  $\varphi(u)$  s'annule pour un nombre impair de valeurs de  $u$  comprises entre 0 et  $\pi$  et, si  $u_i$  est la plus petite,  $u$  atteint  $u_i$  au bout du temps

$$t = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{(4n^2\lambda^2 + 1)np}{2}} \int_0^{u_i} \frac{du}{\sqrt{\varphi(u)}},$$

temps fini, puisque  $\sin u_i$  n'étant pas nul,  $u_i$  n'annule pas  $\varphi'(u)$  et est par conséquent racine simple de  $\varphi(u)$ ; le disque rétrogradera donc avant d'avoir atteint le sommet S de la circonférence.

Soit maintenant  $m = e^{2n\lambda\pi}$ , auquel cas  $\varphi(\pi)$  est nul. L'expression de  $\varphi'(u)$ :

$$\varphi'(u) = -2n\lambda e^{2n\lambda(\pi-u)} - \sin u - 2n\lambda \cos u$$

montre que  $\varphi'(u)$  est constamment négatif dans l'intervalle  $(0, \pi)$ , sauf pour  $u = \pi_i$  où  $\varphi'(u)$  est nul. Donc  $\varphi(u)$  décroît sans cesse depuis  $e^{2n\lambda\pi} + 1$  jusqu'à zéro. Mais le disque n'atteint jamais le point S, car  $\pi$  est racine double de  $\varphi(u)$ , de sorte que le temps est infini.

Soit enfin  $m > e^{2n\lambda\pi}$ , ce que j'écrirai  $m = e^{2n\lambda\pi + \nu}$ ,  $\nu$  étant positif. On a ici :

$$\varphi'(u) = -2n\lambda e^{2n\lambda(\pi-u) + \nu} - \sin u - 2n\lambda \cos u,$$

qui montre que  $\varphi'(u)$  est constamment négatif dans l'intervalle  $(0, \pi)$ . Donc  $\varphi(u)$  y décroît sans cesse depuis la valeur  $m + 1$  jusqu'à une valeur  $\varphi(\pi)$  positive et le disque franchira le point S.

Il résulte de là que, pour que le disque franchisse le sommet S, il faut et il suffit que l'on ait :

$$(9) \quad m > e^{2n\lambda\pi},$$

c'est-à-dire, d'après (3) :

$$(10) \quad V_0^2 > \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (1 + e^{2n\lambda\pi}).$$

Or, une fois franchi le point S, la vitesse V ne peut plus s'annuler et le disque achève nécessairement le tour de la circonférence. Nous avons donc là la condition cherchée, nécessaire et suffisante pour que le disque exécute une fois le tour du cercle.

4. En supposant remplie la condition précédente, on peut poursuivre l'étude de la vitesse sur la seconde moitié de la circonférence, vitesse qui décroît constamment sur la première. En raisonnant comme on va le faire plus loin, dans le cas moins simple où il s'agit de la réaction normale, on arrive sans peine aux conclusions suivantes :

Lorsqu'on a  $e^{3n\lambda\pi} < m < \frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda}$ , la vitesse continue à décroître au delà du sommet S jusqu'en un point  $u = \alpha_0$  intérieur au troisième quadrant où elle est minimum ; puis elle croît jusqu'en un point  $u = \beta_0$  intérieur au quatrième quadrant où elle est maximum ; enfin, elle décroît jusqu'au point  $A'_0$ .

Lorsqu'on a  $m = \frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda}$ , les deux points  $\alpha_0$  et  $\beta_0$  de minimum et de maximum sont confondus avec le point B', de sorte que la vitesse diminue pendant toute la durée de la révolution du disque autour du point O.

Si  $u$  désigne la valeur de  $u$  qui produit le minimum ou le maximum, dans les deux cas précédents, comme elle annule  $\varphi'(u)$ , on en conclut pour le minimum ou le maximum de  $V^2$

$$V^2 = -\frac{Pg^2}{\lambda} \sin u.$$

Lorsqu'enfin on a  $m > \frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda}$ , les points de minimum et de maximum n'existent plus et, comme dans le cas précédent, la vitesse est sans cesse décroissante.

5. Admettant toujours que la condition (9) ou (10) est satisfaite, je vais étudier maintenant la réaction normale N aux divers points de la circonférence, réaction qui est positive au départ du disque en  $A_0$ . Je l'étudierai successivement sur chacun des quatre quadrants  $A_0B$ ,  $BS$ ,  $SB'$  et  $B'A'_0$ , puis je rapprocherai les résultats.

J'appellerai  $\mu$  le nombre

$$\frac{12n^2\lambda^2 + 7}{4},$$

qui est supérieur à l'unité, et je pose :

$$\psi(u) = me^{-2n\lambda u} + \mu \cos u - 2n\lambda \sin u,$$

de sorte que l'on a, d'après (7) :

$$N = \frac{4p}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} \psi(u).$$

Il vient aussi :

$$\psi'(u) = -2n\lambda me^{-2n\lambda u} - \mu \sin u - 2n\lambda \cos u,$$

que j'écrirai :

$$\psi'(u) = -e^{-2n\lambda u} \psi_1(u),$$

en posant :

$$\psi_1(u) = 2n\lambda m + (\mu \sin u + 2n\lambda \cos u) e^{2n\lambda u}.$$

Pour  $u$  fini,  $\psi'(u)$  et  $\psi_1(u)$  sont de signes contraires et s'annulent en même temps. On a d'ailleurs :

$$\psi_1'(u) = [2n\lambda(\mu - 1) \sin u + (4n^2\lambda^2 + \mu) \cos u] e^{2n\lambda u},$$

ou, en remplaçant  $\mu$  par sa valeur,

$$\psi_1'(u) = \frac{4n^2\lambda^2 + 1}{4} (6n\lambda \sin u + 7 \cos u) e^{2n\lambda u}.$$

J'écris encore les valeurs de  $\psi_1(\pi)$ ,  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  et  $\psi_1(2\pi)$ , qui vont être utiles :

$$\psi_1(\pi) = 2n\lambda (m - e^{2n\lambda\pi}) > 0,$$

$$\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right) = 2n\lambda \left(m - \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}\right),$$

$$\psi_1(2\pi) = 2n\lambda (m + e^{4n\lambda\pi}) > 0,$$

et, à ce propos, je remarque les inégalités

$$(11) \quad e^{2n\lambda\pi} < \mu e^{2n\lambda\pi} < \frac{1}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} < \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} < \frac{1}{4n^2\lambda^2} e^{4n\lambda\pi} < \frac{\mu}{4n^2\lambda^2} e^{4n\lambda\pi},$$

qui s'aperçoivent sans difficulté.

1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> quadrants. — Comme  $V^2$  décroît constamment quand le disque roule sur la demi-circonférence  $A_0BS$  et qu'il en est de même de  $\cos u$ ,  $N$  décroît aussi, d'après la formule (5). Cette

formule montre encore que  $N$  est toujours positif sur le premier quadrant  $A_0B$ .

*3<sup>e</sup> quadrant.* — On aperçoit immédiatement que, dans ce quadrant,  $\psi'_1(u)$  est toujours négatif; donc  $\psi_1(u)$  y décroît sans cesse et, par suite, s'annule au plus une fois; comme  $\psi_1(\pi)$  est positif,  $\psi_1(u)$  s'annule ou ne s'annule pas selon que l'on a  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right) \leq 0$  ou  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right) > 0$ . De là les conclusions suivantes :

1<sup>er</sup> cas :  $m < \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . —  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  étant négatif,  $\psi_1(u)$  s'annule pour une valeur  $u = \alpha$ , comprise entre  $\pi$  et  $\frac{3\pi}{2}$ , en passant du positif au négatif. Donc  $\psi'(u)$  s'annule aussi pour cette valeur, et pour celle-là seulement, mais en passant du négatif au positif. Par conséquent  $\psi(u)$ , et par suite  $N$ , est décroissant pour  $\pi \leq u < \alpha$ , minimum pour  $u = \alpha$ , croissant pour  $\alpha < u \leq \frac{3\pi}{2}$ .

2<sup>e</sup> cas :  $m = \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . — Ici,  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  est nul : le point  $u = \alpha$  de minimum est venu en  $B'$  et  $N$  décroît constamment de  $S$  en  $B'$ .

3<sup>e</sup> cas :  $m > \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . —  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  est alors positif et  $\psi_1(u)$  ne s'annule pas dans l'intervalle  $\left(\pi, \frac{3\pi}{2}\right)$ . Il en est donc de même de  $\psi'(u)$ , qui reste toujours négatif. On en conclut que  $N$  décroît encore constamment de  $S$  en  $B'$ ; mais sa valeur en  $B'$  n'est plus un minimum et le point  $\alpha$  n'existe plus.

*4<sup>e</sup> quadrant.* — La formule (5) montre que  $N$  est toujours positif dans ce quadrant. D'ailleurs,  $\psi'_1(u)$  s'annule une fois, passant du négatif au positif, pour une valeur  $u = \theta$  dont la tangente est  $-\frac{7}{6n\lambda}$ , de sorte que  $\psi_1(u)$  décroît depuis la valeur  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  jusqu'à un minimum  $\psi_1(\theta)$ , pour croître ensuite jusqu'à la valeur  $\psi_1(2\pi)$  qui est positive. Trois cas peuvent se présenter, les mêmes que pour le 3<sup>e</sup> quadrant, selon que  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  est négatif, nul ou positif.

1<sup>er</sup> cas :  $m < \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . —  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  étant négatif, c'est à partir d'une valeur négative que  $\psi_1(u)$  décroît pour atteindre son minimum  $\psi_1(\theta)$ , puis croît jusqu'à la valeur positive  $\psi_1(2\pi)$ . Donc  $\psi_1(u)$ , qui doit admettre un nombre impair de racines entre  $\frac{3\pi}{2}$  et  $2\pi$ , s'annulera une seule fois, en passant du négatif au positif. Si, par conséquent,  $\beta$  désigne la racine unique,  $\psi'(u)$  s'annule pour la valeur  $u = \beta$ , et pour celle-là seulement, en passant du positif au négatif. Il en résulte que  $N$  est croissant pour  $\frac{3\pi}{2} \leq u < \beta$ , maximum pour  $u = \beta$  et décroissant pour  $\beta < u \leq 2\pi$ .

2<sup>e</sup> cas :  $m = \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . — Ici,  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  est nul, et c'est à partir de zéro que s'effectue la décroissance initiale de  $\psi_1(u)$ . Il n'en résulte pas moins, d'après le même raisonnement, que  $\psi_1(u)$  s'annule encore, en passant du négatif au positif, pour une valeur  $u = \beta$  comprise entre  $\frac{3\pi}{2}$  et  $2\pi$ . Par suite,  $N$  est encore croissant pour  $\frac{3\pi}{2} \leq u < \beta$ , maximum pour  $u = \beta$  et décroissant au delà. La différence avec le cas précédent est qu'ici  $N$  est minimum pour  $u = \frac{3\pi}{2}$ .

3<sup>e</sup> cas :  $m > \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . —  $\psi_1\left(\frac{3\pi}{2}\right)$  est alors positif, de sorte que  $\psi_1(u)$  s'annule un nombre pair de fois entre  $\frac{3\pi}{2}$  et  $2\pi$ . Ce nombre pair est d'ailleurs 0 ou 2, puisque  $\psi_1(u)$  varie d'une valeur positive à une valeur positive en passant par un minimum unique. De fait, les deux circonstances peuvent se présenter, le minimum  $\psi_1(\theta)$  pouvant être positif, nul ou négatif.

Ce minimum est en effet :

$$\psi_1(\theta) = 2n\lambda m + (\mu \sin \theta + 2n\lambda \cos \theta) e^{2n\lambda\theta},$$

ou, en remplaçant  $\sin \theta$  et  $\cos \theta$  par :

$$\sin \theta = -\frac{7}{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}}, \quad \cos \theta = \frac{6n\lambda}{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}},$$

qui sont leurs valeurs déduites de  $\operatorname{tg} \theta$ ,

$$\psi_1(\theta) = 2n\lambda \left( m - \frac{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}}{8n\lambda} e^{2n\lambda\theta} \right).$$

Posons alors :

$$(12) \quad \frac{6n\lambda}{7} = \operatorname{tg} \gamma, \quad \pi < \gamma < \frac{3\pi}{2},$$

auquel cas  $\theta$  est égal à  $\frac{\pi}{2} + \gamma$ , puis :

$$\frac{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}}{8n\lambda} e^{2n\lambda\left(\frac{\pi}{2} + \gamma\right)} = b,$$

et nous aurons pour le minimum :

$$\psi_1(\theta) = 2n\lambda(m - b).$$

Or, on démontre<sup>1</sup> que, quel que soit  $n\lambda$ , le nombre  $b$  est supérieur à  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . Dans le cas que nous examinons actuellement, où  $m$  est supposé surpasser cette dernière quantité,  $m$  peut donc être inférieur, égal ou supérieur à  $b$  et, par conséquent, le minimum peut être négatif, nul ou positif.

De là, les conclusions qui suivent. Si on a  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} < m < b$ , la fonction  $\psi_1(u)$ , et par suite  $\psi'(u)$ , s'annule pour deux valeurs de  $u$  comprises entre  $\frac{3\pi}{2}$  et  $2\pi$  :  $u = \alpha$ ,  $u = \beta$  ( $\alpha < \beta$ ); comme  $\psi'(u)$  passe du négatif au positif en  $\alpha$ ,  $N$  décroît de  $\frac{3\pi}{2}$  à  $\alpha$ , est minimum pour  $u = \alpha$ , croît de  $\alpha$  à  $\beta$ , est maximum pour  $u = \beta$  et enfin décroît. Si on a  $m = b$ , les deux points  $\alpha$  et  $\beta$  de minimum et de maximum se confondent en un seul  $\theta$  et  $N$  décroît constamment. Si enfin on a  $m > b$ ,  $\psi_1(u)$  ni par conséquent  $\psi'(u)$  ne s'annule plus dans le quatrième quadrant et  $N$  décroît encore sans cesse; mais les points  $\alpha$  et  $\beta$  n'existent plus.

1. On démontre même que  $b$  est compris entre  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$  et  $\frac{\mu}{4n^2\lambda^2} e^{4n\lambda\pi}$ . Il suffit pour cela de vérifier la double inégalité

$$(13) \quad 2n\lambda(12n^2\lambda^2 + 7) < 2n\lambda\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49} e^{2n\lambda\gamma_1} < (12n^2\lambda^2 + 7) e^{2\lambda\pi},$$

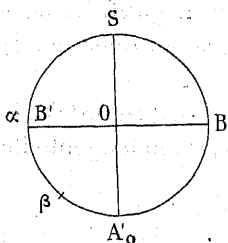
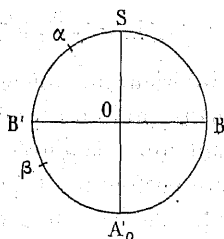
obtenue en remplaçant  $\mu$  par sa valeur et  $\gamma$  par  $\pi + \gamma_1$ . Voir la note à la fin de ce travail.



*Ensemble des quatre quadrants.* — Ayant ainsi étudié la réaction N sur chacun des quatre quadrants, rapprochons les conclusions obtenues chaque fois et nous aurons la variation de N tout le long de la circonférence. On voit ainsi qu'elle se résume de la manière suivante :

$$1^{\circ} e^{2n\lambda\pi} < m < \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}.$$

N décroît jusqu'en un point  $\alpha$  du troisième quadrant, où il est minimum ; puis N croît jusqu'en un point  $\beta$  du quatrième quadrant, où il est maximum ; enfin N décroît jusqu'au point  $A'_0$ .

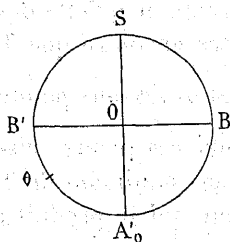
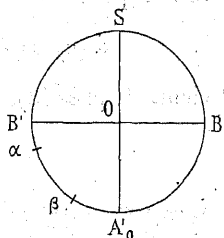


$$2^{\circ} m = \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}.$$

Le point  $\alpha$  de minimum est venu en  $B'$  et il existe toujours un point  $\beta$  de maximum dans le quatrième quadrant.

$$3^{\circ} \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} < m < b.$$

Le point  $\alpha$  de minimum a encore avancé et a pénétré sur le quatrième quadrant, où se trouve toujours un point  $\beta$  de maximum.



$$4^{\circ} m = b.$$

Les points  $\alpha$  et  $\beta$  de minimum et de maximum sont venus se confondre en un même point  $\theta$  du quatrième quadrant, de sorte que N décroît constamment tout le long de la circonférence.

$$5^{\circ} b < m.$$

Les points de minimum et de maximum n'existent plus et N décroît encore pendant toute la durée de la révolution du disque.

Quant au signe de la réaction N, il résulte de la discussion qui précède. Nous venons de voir que, si l'on a  $m \geq \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ , ou

bien  $N$  décroît sans cesse, ou bien il a un minimum, mais en un point appartenant au quatrième quadrant. Or, nous savons que, dans ce quadrant,  $N$  est toujours positif. Donc, dans ce cas, la réaction  $N$  est constamment positive, c'est-à-dire que le disque presse sans cesse vers l'extérieur du cercle. Mais, si l'on a  $e^{2n\lambda\pi} < m < \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ ,  $N$  a un minimum qui répond à un point  $\alpha$  intérieur au troisième quadrant et alors ce minimum peut être positif, nul ou négatif. S'il est positif,  $N$  sera encore positif pendant toute la durée de la révolution du disque; s'il est nul,  $N$  sera partout positif, sauf au point  $\alpha$  où il s'annulera; s'il est négatif,  $N$  s'annulera en deux points situés au-dessus du diamètre horizontal  $BB'$  et, entre ces deux points, il sera négatif. La condition pour que  $N$  ne devienne jamais négatif serait donc que le minimum  $\psi(\alpha)$  fût positif ou nul.

6. En supposant toujours que la condition (9) ou (10) est satisfaite, on peut étudier de la même manière la réaction tangentielle  $T$  le long de la circonférence.

Si l'on pose

$$\omega(u) = 2n\lambda m e^{-2n\lambda u} + 2n\lambda \cos u + \sin u,$$

il vient, d'après (8),

$$T = \frac{P}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} \varpi(u).$$

L'expression (6) de  $T$  montre d'ailleurs que cette réaction est toujours positive sur les deux premiers quadrants et qu'elle décroît constamment dans le second. Elle montre en outre que  $T$  s'annule en même temps que  $\frac{d(V^2)}{du}$  ou  $\frac{d\omega}{dt}$ , c'est-à-dire aux points  $\alpha_0$  et  $\beta_0$  où  $V^2$  est minimum et maximum quand ces points existent. On remarque aussi que tout maximum ou minimum de  $T$  est de même signe que  $\cos u$ ,  $u$  étant la valeur qui le produit; on a en effet

$$\omega'(u) = -4n^2\lambda^2 m e^{-2n\lambda u} - 2n\lambda \sin u + \cos u = 0$$

qui, avec l'expression de  $\omega(u)$ , donne

$$\varpi(u) = \frac{4n^2\lambda^2 + 1}{2n\lambda} \cos u.$$

En utilisant ces remarques et en procédant comme dans la discussion de N, on arrive aisément aux conclusions suivantes.

Quand le disque va de B en A<sub>0</sub>, en roulant sur l'arc BSB'A<sub>0</sub> formé par les trois derniers quadrants, si on a  $m \geq \frac{e^{4n\lambda\pi}}{4n^2\lambda^2}$ , T décroît constamment et par suite est toujours positif, puisque sa valeur finale est positive; si au contraire on a  $m < \frac{e^{4n\lambda\pi}}{4n^2\lambda^2}$ , T décroît jusqu'à un certain minimum, qui est atteint pour  $u = \alpha$ , dans le troisième quadrant, au point B', ou dans le quatrième quadrant, selon que  $m$  est inférieur, égal ou supérieur à  $\frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda}$ , et qui, par conséquent, est négatif dans le premier cas, nul dans le deuxième et positif dans le troisième, puisqu'il est du signe de  $\cos u$ ; au delà du point  $\alpha$ , T croît jusqu'à sa valeur finale positive. Quant au premier quadrant, si l'on a  $m \geq \frac{1}{4n^2\lambda^2}$ , T y diminue sans cesse; sinon, T croît jusqu'en un certain point  $u = \beta$ , où il est maximum, puis diminue. Comme  $\frac{1}{4n^2\lambda^2}$  est moindre que  $\frac{e^{4n\lambda\pi}}{4n^2\lambda^2}$ , on voit que, quand  $m$  est au moins égal à cette dernière quantité, la réaction T diminue pendant toute la durée de la révolution du disque. Remarquons encore que, pour que T ne soit jamais négatif, il faut et il suffit qu'il n'ait pas de minimum à l'intérieur du troisième quadrant, c'est-à-dire que l'on ait  $m \geq \frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda}$ .

## II.

7. Je vais considérer encore le mouvement du disque sur la circonférence A<sub>0</sub>BSB'A<sub>0</sub>; mais je lui supposerai ici plus de liberté. J'admets toujours qu'il ne peut que rouler sur la circonférence; mais je supposerai qu'il peut la quitter, la liaison étant maintenant unilatérale. Ce serait vraiment le cas de la piste, dans la pratique, si celle-ci était parfaitement rugueuse.

Les mêmes équations vont convenir, pour un mouvement de progression du centre du disque; mais elles ne conviendront plus

que tant que  $N$  ne deviendra pas négatif, puisque alors le disque abandonnerait la circonférence.

8. Proposons-nous le même problème : quel doit être  $V_0$  pour que le disque fasse une fois au moins le tour complet de la circonférence ?

Il ne suffit plus ici que la vitesse  $V$  ne s'annule pas, c'est-à-dire que la condition (9) ou  $m > e^{2n\lambda\pi}$  soit satisfaite, il faut encore que  $N$  ne devienne jamais négatif. Or, d'après ce qui a été expliqué à la fin du n° 5, cette nouvelle condition n'est pas toujours remplie d'elle-même quand la première l'est : si on a  $m \geq \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ , elle l'est bien, mais on peut avoir, d'après (11),

$$e^{2n\lambda\pi} < m < \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi},$$

et alors elle ne l'est plus nécessairement : dans ce cas, en effet, la fonction désignée par  $\psi(u)$  a, en un point  $\alpha$  du troisième quadrant, un minimum  $\psi(\alpha)$  qui peut être positif, nul ou négatif, comme on va le voir, et par conséquent, pour que  $N$  ne devienne pas négatif, la condition sera que ce minimum soit positif ou nul.

Cherchons à exprimer cette condition  $\psi(\alpha) \geq 0$ .

On a

$$\begin{aligned}\psi(\alpha) &= m e^{-2n\lambda\alpha} + \mu \cos \alpha - 2n\lambda \sin \alpha, \\ \psi'(\alpha) &= -2n\lambda m e^{-2n\lambda\alpha} - \mu \sin \alpha - 2n\lambda \cos \alpha = 0.\end{aligned}$$

On en déduit

$$\begin{aligned}2n\lambda\psi(\alpha) &= 2n\lambda(\mu - 1) \cos \alpha - (4n^2\lambda^2 + \mu) \sin \alpha, \\ 2n\lambda\psi(\alpha) &= -(4n^2\lambda^2 + \mu) \cos \alpha \left( \operatorname{tg} \alpha - \frac{2n\lambda(\mu - 1)}{4n^2\lambda^2 + \mu} \right),\end{aligned}$$

ou encore, en remplaçant  $\mu$  par sa valeur,

$$\psi(\alpha) = -\frac{4n^2\lambda^2 + \mu}{2n\lambda} \cos \alpha \left( \operatorname{tg} \alpha - \frac{6n\lambda}{7} \right).$$

Si maintenant nous employons de nouveau la formule (12), avec le même angle  $\gamma$

$$\frac{6n\lambda}{7} = \operatorname{tg} \gamma, \quad \pi < \gamma < \frac{3\pi}{2},$$

il vient

$$\psi(\alpha) = -\frac{4n^2\lambda^2 + \mu}{2n\lambda} \cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma).$$

Comme  $\cos \alpha$  est négatif, la condition pour que le minimum  $\psi(\alpha)$  soit positif ou nul est que  $\gamma$  soit inférieur ou égal à la racine  $\alpha$  de  $\psi'(u)$ . Or, les nombres compris entre  $\pi$  et  $\frac{3\pi}{2}$  qui sont inférieurs à cette racine sont ceux qui rendent  $\psi'(u)$  négatif. La condition est donc que  $\psi'(\gamma)$  soit négatif ou nul, c'est-à-dire

$$2n\lambda m e^{-2n\lambda\gamma} + \mu \sin \gamma + 2n\lambda \cos \gamma \geq 0,$$

ce qui s'écrit, en remplaçant  $\sin \gamma$  et  $\cos \gamma$  par leurs valeurs

$$m \geq \frac{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}}{4} e^{2n\lambda\gamma}.$$

Je désignerai par  $a$  le second membre

$$a = \frac{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}}{4} e^{2n\lambda\gamma}.$$

Cette quantité est moindre que  $b$ , car on a évidemment

$$a = \frac{2n3}{e^{n\lambda\pi}} b.$$

Cette égalité montre du reste que, quel que soit  $n\lambda$ ,  $a$  est compris entre  $e^{2n\lambda\pi}$  et  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ , car  $b$  étant compris entre  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$  et  $\frac{\mu}{4n^2\lambda^2} e^{4n\lambda\pi}$ , elle montre que  $a$  est compris entre  $\mu e^{2n\lambda\pi}$  et  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ .

On voit donc bien que, quand  $m$  est inférieur à  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ , la condition (9) ne suffit pas pour que  $N$  reste positif ou nul, puisque  $m$  peut être compris entre  $e^{2n\lambda\pi}$  et  $a$ . Il faut alors  $m \geq a$ . Comme du reste l'inégalité  $m \geq \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$  exige  $m > a$ , on peut dire que, avec les liaisons supposées actuellement, la condition nécessaire et suffisante pour que le disque fasse au moins une fois le tour complet de la circonférence est

$$(14) \quad m \geq a,$$

ou encore, en remplaçant  $m$  par sa valeur (3),

$$(15) \quad V_0^2 \geq \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (1 + a).$$

### III.

9. Envisageant toujours le disque sur la circonférence, je vais lui donner un nouveau degré de liberté. Non seulement il sera supposé libre de la quitter, mais encore le roulement sans glissement ne sera plus imposé comme liaison. C'est le cas de la pratique, où il existe un certain coefficient de frottement de glissement, qui a été désigné par  $f$ .

Pour que le disque fasse un tour complet en roulant, la condition (14) ou (15) elle-même ne sera plus suffisante ici.

Supposons, en effet, que le disque accomplisse une révolution entière en roulant : les équations précédentes subsistent et la condition (14) est satisfaite, de sorte que les réactions  $N$  et  $T$  ont les valeurs (7) et (8) et que  $N$  est sans cesse positif ou nul. Mais on a en outre, dans notre nouveau mode de liaison, l'inégalité fondamentale

$$(16) \quad fN > |T|.$$

Réciproquement, si cette inégalité est constamment satisfaite par les valeurs (7) et (8) de  $N$  et de  $T$ , comme elle exige que l'on ait toujours  $N > 0$ , le disque roulera et fera un tour complet. L'inégalité (16), caractéristique du roulement sans glissement, est donc ici la véritable condition nécessaire et suffisante. Or, elle entraîne la condition (14), mais cette dernière ne suffit pas pour que (16) ait lieu.

10. Nous allons exprimer la condition (16) et en tirer la nouvelle limite de  $V_0$ . Nous verrons du reste qu'elle exige aussi que  $f$  surpasse un certain nombre.

Remarquons qu'il revient au même d'écrire les deux inégalités simultanées

$$(17) \quad fN - T > 0, \quad (18) \quad fN + T > 0,$$

car, si  $T$  est positif ou nul, la première équivaut à (16), tandis que la seconde est satisfaite d'elle-même, et, si  $T$  est négatif,

c'est le contraire. Formons donc  $fN - T$  et  $fN + T$ , d'après les formules (7) et (8). On trouve facilement :

$$\frac{3(4n^2\lambda^2 + 1)}{p}(fN - T) = 2m(2f - n\lambda)e^{-2n\lambda u} \\ + (12fn^2\lambda^2 + 7f - 2n\lambda)\cos u \\ - (8fn\lambda + 1)\sin u,$$

$$\frac{3(4n^2\lambda^2 + 1)}{p}(fN + T) = 2m(2f + n\lambda)e^{-2n\lambda u} \\ + (12fn^2\lambda^2 + 7f + 2n\lambda)\cos u \\ - (8fn\lambda - 1)\sin u.$$

Si nous posons alors, pour abrégé :

$$8fn\lambda + 1 = c, \quad 12fn^2\lambda^2 + 7f - 2n\lambda = d, \\ 8fn\lambda - 1 = c', \quad 12fn^2\lambda^2 + 7f + 2n\lambda = d',$$

les deux inégalités (17) et (18) s'écrivent :

$$(19) \quad 2m(2f - n\lambda) > e^{2n\lambda u}(c \sin u - d \cos u),$$

$$(20) \quad 2m(2f + n\lambda) > e^{2n\lambda u}(c' \sin u - d' \cos u),$$

où  $c$  et  $d'$  sont manifestement positifs.

Observons tout de suite que la seconde, devant être vérifiée pour  $u = \pi$ , donne  $m > 0$ , ainsi que cela devait être, et que la première, devant être vérifiée pour  $u = \frac{\pi}{2}$ , donne alors  $2f - n\lambda > 0$ , ou :

$$f > \frac{n\lambda}{2}.$$

Comme on pouvait le prévoir, le coefficient de frottement ne peut donc être aussi petit qu'on veut : il faut, pour le roulement, qu'il surpasse le nombre  $\frac{n\lambda}{2}$ . Nous supposons désormais cette condition remplie, de sorte que  $2f - n\lambda$  et par suite  $d$  seront aussi positifs : seul,  $c'$  pourra être positif, nul ou négatif.

On voit sans peine que le second membre de l'inégalité (19) atteint sa plus grande valeur dans l'intervalle  $(0, 2\pi)$  pour une valeur  $u_1$  comprise entre  $\frac{\pi}{2}$  et  $\frac{3\pi}{2}$ , répondant par conséquent au maximum de ce second membre :  $u_1$  est inférieur, égal ou supé-

rieur à  $\pi$ , selon que  $2n\lambda d - c$  est négatif, nul ou positif. De même, le second membre de l'inégalité (20) atteint sa plus grande valeur dans l'intervalle  $(0, 2\pi)$  pour une valeur  $u_2$  comprise toujours entre  $\pi$  et  $\frac{3\pi}{2}$ , répondant par suite au maximum de ce second membre. Or, pour que les inégalités (19) et (20) soient satisfaites pour toutes les valeurs de  $u$  appartenant à l'intervalle  $(0, 2\pi)$ , il faut évidemment et il suffit que leurs premiers membres constants soient respectivement supérieurs aux plus grandes valeurs des seconds membres dans l'intervalle. Nous pouvons donc remplacer les deux inégalités (19) et (20) par les deux suivantes :

$$(21) \quad 2m(2f - n\lambda) > e^{2n\lambda u_1}(c \sin u_1 - d \cos u_1),$$

$$(22) \quad 2m(2f + n\lambda) > e^{2n\lambda u_2}(c' \sin u_2 - d' \cos u_2),$$

qui donnent des limites inférieures pour  $m$ .

Occupons-nous d'abord de la première. Comme  $u_1$  répond à un maximum, il annule la dérivée, de sorte qu'on a :

$$(2n\lambda c + d) \sin u_1 - (2n\lambda d - c) \cos u_1 = 0,$$

qui donne :

$$\text{tang } u_1 = \frac{2n\lambda d - c}{2n\lambda c + d}.$$

D'ailleurs  $\cos u_1$  est négatif, tandis que  $\sin u_1$  est positif, nul ou négatif, selon que  $2n\lambda d - c$  est négatif, nul ou positif. On a donc en tout cas :

$$\sin u_1 = -\frac{2n\lambda d - c}{\sqrt{(4n^2\lambda^2 + 1)(c^2 + d^2)}}, \quad \cos u_1 = -\frac{2n\lambda c + d}{\sqrt{(4n^2\lambda^2 + 1)(c^2 + d^2)}},$$

et par suite :

$$e^{2n\lambda u_1}(c \sin u_1 - d \cos u_1) = \sqrt{\frac{c^2 + d^2}{4n^2\lambda^2 + 1}} e^{2n\lambda u_1}.$$

Comme d'ailleurs on a :

$$c^2 + d^2 = (4n^2\lambda^2 + 1)(36f^2n^2\lambda^2 + 49f^2 - 12fn\lambda + 1),$$

si l'on pose :

$$A = \frac{\sqrt{36f^2n^2\lambda^2 + 49f^2 - 12fn\lambda + 1}}{2(2f - n\lambda)},$$



l'inégalité (21) s'écrira,  $2f - n\lambda$  étant positif :

$$(23) \quad m > e A^{2n\lambda u_1},$$

où  $u_1$  est donné par la formule

$$(24) \quad \text{tang } u_1 = \frac{6fn\lambda - 1}{7f},$$

avec la condition  $\frac{\pi}{2} < u_1 < \frac{3\pi}{2}$ .

Si nous nous occupons maintenant de l'inégalité (22), et que nous posions

$$B = \frac{\sqrt{36f^2 n^2 \lambda^2 + 49f^2 + 12fn\lambda + 1}}{2(2f + n\lambda)},$$

on trouve, en opérant de la même manière, que cette inégalité s'écrit :

$$(25) \quad m > B e^{2n\lambda u_2},$$

où  $u_2$  est donné par

$$(26) \quad \text{tang } u_2 = \frac{6fn\lambda + 1}{7f},$$

avec la condition  $\pi < u_2 < \frac{3\pi}{2}$ .

On peut remarquer que A et B se mettent sous les formes

$$A = \frac{\sqrt{(6fn\lambda - 1)^2 + 49f^2}}{2(2f - n\lambda)} = \frac{7f}{2(2f - n\lambda) \cos u_1},$$

$$B = \frac{\sqrt{(6fn\lambda + 1)^2 + 49f^2}}{2(2f + n\lambda)} = \frac{7f}{2(2f + n\lambda) \cos u_2}.$$

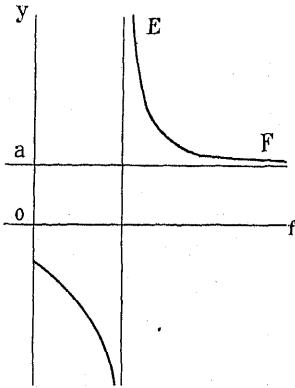
Étudions comment varie la fonction de  $f$  :

$$y = A e^{2n\lambda u_1}$$

quand on fait croître  $f$  de 0 à  $\infty$ . Si l'on cherche sa dérivée, en employant pour A la forme rationnelle que je viens d'indiquer et qui facilite le calcul, on trouve :

$$2 \frac{dy}{df} = \frac{(4n^2\lambda^2 + 1)(9fn\lambda + 2)}{(2f - n\lambda)^2 \sqrt{36f^2 n^2 \lambda^2 + 49f^2 - 12fn\lambda + 1}} e^{2n\lambda u_1}.$$

Pour  $f \geq 0$ , cette dérivée est toujours négative ; donc  $y$  décroît sans cesse. Quand  $f$  croît de 0 à  $\frac{n\lambda}{2}$ ,  $y$  décroît depuis  $-\frac{1}{2n\lambda} e^{n\lambda\pi}$



jusqu'à  $-\infty$  ; puis, quand  $f$  croît de  $\frac{n\lambda}{2}$  à  $\infty$ ,  $y$  décroît de  $+\infty$  à

$$\frac{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}}{4} e^{2n\lambda u_1};$$

$u_1$  étant donné par

$$\text{tg } u_1 = \frac{6n\lambda}{7}$$

et appartenant au 3<sup>e</sup> quadrant. Si l'on se reporte au n<sup>o</sup> 8, on constate que  $u_1$  n'est autre que l'angle désigné là par  $\gamma$  et que par conséquent la valeur de  $y$  pour  $f$  infini n'est autre que la quantité appelée  $a$ . Il devait en être ainsi, car, si  $f$  devient infini, l'inégalité (23) doit se réduire à  $m > a$ , puisqu'elle traduit l'inégalité  $fN - T > 0$  qui se réduit alors à  $N > 0$ .

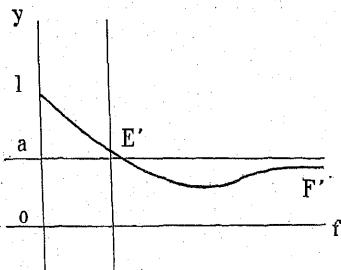
Étudions de même comment varie la fonction

$$y = B e^{2n\lambda u_2}$$

quand  $f$  varie de 0 à  $+\infty$ . On trouve pour sa dérivée :

$$2 \frac{dy}{df} = \frac{(4n^2\lambda^2 + 1)(9fn\lambda - 2)}{(2f + n\lambda)^2 \sqrt{36f^2n^2\lambda^2 + 49f^2 + 1} 2fn\lambda + 1} e^{2n\lambda u_2},$$

expression qui est négative, nulle ou positive, selon que  $f$  est in-



férieur, égal ou supérieur à  $\frac{2}{9n\lambda}$ .

Par suite, lorsque  $f$  croît de 0 à ce nombre,  $y$  décroît depuis une

certaine valeur, qui est  $\frac{1}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ ,

jusqu'à un minimum déterminé ;

puis,  $f$  augmentant de  $\frac{2}{9n\lambda}$  à  $\infty$ ,  $y$

croît jusqu'à une valeur qui est encore visiblement la quantité  $a$ . Là fonction  $y$  est d'ailleurs toujours positive. On devait bien, ici

aussi, retrouver la quantité  $a$ , car l'inégalité  $fN + T > 0$ , tout comme  $fN - T > 0$ , se réduit à  $N > 0$  lorsque  $f$  augmente à l'infini. Mais on devait également obtenir  $\frac{1}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$  comme valeur de  $y$  pour  $f$  nul : en effet, l'inégalité  $fN + T > 0$ , que traduit (25), se réduit à  $T > 0$  quand  $f$  s'annule ; or, nous avons vu au n° 6 que la condition pour que  $T$  soit constamment positif est :

$$m > \frac{1}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}.$$

Sur la figure, j'ai représenté cette longueur  $l$  de  $y$  pour  $f = 0$  comme étant supérieure à  $a$  ; mais elle peut lui être inférieure ou égale, selon la valeur de  $n\lambda$ .

Comme  $f$  est supérieur à  $\frac{n\lambda}{2}$ , les deux courbes ne sont utiles que par leurs parties EF, E'F' situées à droite de l'asymptote  $f = \frac{n\lambda}{2}$ . A une valeur donnée de  $f$  répondent un point sur EF et un point sur E'F'. La condition nécessaire et suffisante pour que le disque fasse un tour complet en roulant est que  $m$  soit supérieur à la fois aux ordonnées de ces deux points, dont l'une est toujours plus grande que  $a$ .

Si donc  $h$  désigne la plus grande, la condition est

$$(27) \quad m > h,$$

ou, en remplaçant  $m$  par sa valeur (3),

$$(28) \quad V_0^2 > \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (1 + h),$$

$h$  étant supérieur à  $a$ .

Tant que le coefficient de frottement ne dépasse pas une certaine limite  $\frac{n\lambda}{2}$ , il n'existe aucune vitesse  $V_0$  capable de produire le roulement, même sur le premier quadrant complet. Pour les valeurs de  $f$  peu supérieures à cette limite, il faut de grandes vitesses  $V_0$  pour amener le roulement sur la circonférence totale. Puis, à mesure que  $f$  augmente, la grandeur requise pour  $V_0$  diminue de plus en plus, et, pour  $f$  infini, il suffit que l'inégalité (15) soit satisfaite.

Remarquons que, dans tout ce qui précède, on n'a fait aucune supposition particulière sur la valeur numérique du coefficient  $\lambda$ , tous les résultats ayant été établis quelle que soit la grandeur de  $n\lambda$ .

11. Lorsqu'on suppose  $\lambda$  nul, c'est-à-dire lorsqu'on fait abstraction de la résistance de l'air, les formules (4), (7), (8), qui donnent la vitesse, la réaction normale et la réaction tangentielle, se réduisent respectivement aux suivantes :

$$V^2 = 2npg^2(m + \cos u),$$

$$N = \frac{4p}{3} \left( m + \frac{7}{4} \cos u \right),$$

$$T = \frac{p}{3} \sin u.$$

On a en outre :

$$a = \frac{7}{4}, \quad \Lambda = B = \frac{\sqrt{49f^2 + 1}}{4f},$$

et les deux courbes précédentes se confondent.

Les conditions (9), (14) et (27) deviennent ainsi :

$$m > 1, \quad m \geq \frac{7}{4}, \quad m > \frac{\sqrt{49f^2 + 1}}{4f},$$

ou, en remplaçant  $m$  par sa valeur,

$$V_0^2 > 4npg^2, \quad V_0^2 \geq \frac{11}{2}npg^2, \quad V_0^2 > \frac{np g^2}{2f} (4f + \sqrt{49f^2 + 1}).$$

L'asymptote  $f = \frac{n\lambda}{2}$  se confond ici avec l'axe des  $y$  et, pour les moindres valeurs du coefficient de frottement, il existe des vitesses  $V_0$  capables de produire le roulement sur la totalité de la circonférence.

#### IV.

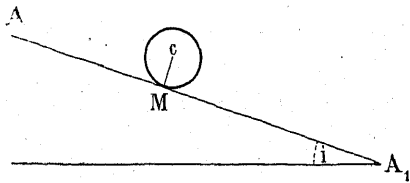
12. Je n'ai considéré jusqu'ici le mouvement du disque que sur la circonférence  $A_0BSB'A_0$  et, au paragraphe III, j'ai obtenu les deux conditions définitives pour que le disque fasse en roulant au

moins un tour de la circonférence : la première fixe une limite  $\frac{n\lambda}{2}$  que  $f$  doit surpasser ; puis, étant donnée une valeur de  $f$  supérieure à cette limite, la seconde condition donne un nombre correspondant au-dessus duquel doit s'élever la valeur de  $V_0$ .

Je vais maintenant envisager le disque sur la droite  $AA_1$ . Je rappelle qu'on a désigné par  $D$  la longueur de cette droite, par  $i$  son inclinaison et par  $V_1$  la vitesse du centre  $C$  du disque au moment où il arrive au bas de la droite.

13. Considérons le disque dans une de ses positions. Soit  $x$  la distance  $AM$  du point de contact  $M$  au point de contact initial  $A$ . Supposons que le disque roule sans glisser sur la droite.

Sa force vive est  $\frac{p}{g} \left( 1 + \frac{k^2}{r^2} \right) V^2$  ; les travaux élémentaires du poids et de la résistance de l'air sont  $p \sin i \, dx$  et  $-\frac{\lambda}{g^2} V^2 \, dx$ .



L'équation des forces vives est donc :

$$\frac{1}{2} \frac{p}{g} \left( 1 + \frac{k^2}{r^2} \right) d(V^2) = p \sin i \, dx - \frac{\lambda}{g^2} V^2 \, dx,$$

ce qui s'écrit :

$$\frac{d(V^2)}{dx} + \frac{4\lambda}{3pg} V^2 = \frac{4}{3} g \sin i.$$

Son intégrale générale étant

$$V^2 = ce^{-\frac{4\lambda}{3pg}x} + \frac{pg^2}{\lambda} \sin i,$$

si l'on écrit que, pour  $x = 0$ ,  $V$  est nul, il vient

$$V^2 = \frac{pg^2 \sin i}{\lambda} \left( 1 - e^{-\frac{4\lambda}{3pg}x} \right).$$

Les deux équations du mouvement du centre de gravité donneront la réaction normale  $N$  et la réaction tangentielle  $T$ .

$$(29) \quad N = p \cos i,$$

$$(30) \quad T = -\frac{\rho}{4g} \frac{d(V^2)}{dx} = -\frac{\rho}{3} \sin i + \frac{\lambda V^2}{3g^2},$$

$$T = -\frac{1}{3} \rho \sin i e^{-\frac{4\lambda}{3\rho g} x},$$

la première égalité (30) pouvant d'ailleurs s'écrire immédiatement.

La condition de roulement est ici que l'on ait

$$f\rho \cos i - \frac{1}{3} \rho \sin i e^{-\frac{4\lambda}{3\rho g} x} > 0,$$

c'est-à-dire

$$\operatorname{tg} i < 3f e^{\frac{4\lambda}{3\rho g} x}$$

pour les valeurs de  $x$  appartenant à l'intervalle  $(0, D)$ . Il faut et il suffit pour cela que l'inégalité ait lieu pour  $x = 0$ , au départ. La condition de roulement est donc

$$\operatorname{tg} i < 3f.$$

En la supposant remplie, on a pour la vitesse du centre du disque à son arrivée en  $A_1$

$$(31) \quad V_1^2 = \frac{\rho g^2 \sin i}{\lambda} \left( 1 - e^{-\frac{4\lambda}{3\rho g} D} \right).$$

Remarquons que, si l'on négligeait la résistance de l'air, en faisant  $\lambda = 0$ , on aurait

$$V^2 = \frac{4}{3} g \sin i x, \quad T = -\frac{1}{3} \rho \sin i.$$

V.

**14.** Considérons ensuite le disque sur l'arc de cercle  $A_1 A_0$ , d'angle au centre égal à  $i$ , arc sur lequel il pénètre avec la vitesse  $V_1$ .

Il revient manifestement au même de regarder le disque comme placé sur la circonférence  $A_0 B S B' A'_0$ , en un point  $A'_1$  symétrique de  $A_1$  par rapport au diamètre  $A_0 S$  et animé en ce point  $A'_1$  de la

vitesse  $V_i$  dans le sens des  $u$  décroissants. Or, on a vu que les équations qui conviennent au roulement dans ce sens se déduisent de celles qui ont été établies au paragraphe I en changeant  $\lambda$  en  $-\lambda$  et  $T$  en  $-T$ . Nous aurons donc pour l'intégrale générale de l'équation des forces vives

$$V^2 = C e^{2n\lambda u} + \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (\cos u + 2n\lambda \sin u),$$

et par suite, en déterminant la constante  $C$  de manière que, pour  $u = i$ , on ait  $V = V_i$ ,

$$C = V_i^2 e^{-2n\lambda i} - \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (\cos i + 2n\lambda \sin i) e^{-2n\lambda i},$$

$$(32) \quad V^2 = V_i^2 e^{-2n\lambda(i-u)} + \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (\cos u + 2n\lambda \sin u) - \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (\cos i + 2n\lambda \sin i) e^{-2n\lambda(i-u)}.$$

Nous aurons aussi, pour  $N$  et  $T$ , d'après les formules (5) et (6)

$$(33) \quad N = p \cos u + \frac{2}{3} \frac{V^2}{ng^2},$$

$$(34) \quad T = \frac{1}{6ng^2} \frac{d(V^2)}{du} = -\frac{p}{3} \sin u + \frac{\lambda V^2}{3g^2}.$$

En faisant  $u = 0$  dans (32), nous obtenons la valeur  $V_0$  de  $V$  au point  $A_0$

$$(35) \quad V_0^2 e^{2n\lambda i} = V_i^2 + \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (e^{2n\lambda i} - \cos i - 2n\lambda \sin i).$$

On peut d'ailleurs exprimer la constante  $C$  en fonction de  $V_0$  et, si l'on désigne toujours par  $m$  la même quantité (3), supérieure à  $-1$ , il vient

$$C = \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} m,$$

puis les égalités

$$(36) \quad V^2 = \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (m e^{2n\lambda u} + \cos u + 2n\lambda \sin u),$$

$$(37) \quad N = \frac{4p}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} (m e^{2n\lambda u} + \mu \cos u + 2n\lambda \sin u),$$

$$(38) \quad T = \frac{P}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} (2n\lambda mc^{2n\lambda u} + 2n\lambda \cos u - \sin u),$$

qui se déduisent de (4), (7), (8) en changeant  $\lambda$  en  $-\lambda$  et  $T$  en  $-T$ .

15. Il est clair, physiquement parlant, que la vitesse  $V$  ne peut s'annuler; cela résultera d'ailleurs de la discussion qui en sera faite plus loin. D'autre part, la formule (33) montre que  $N$  est constamment positif. Si donc l'arc  $A_1A_0$  était parfaitement rugueux, bien que la liaison soit unilatérale, on serait assuré que le disque le parcourrait tout entier en roulant. Il reste à voir si, dans le cas supposé où il y a un coefficient de frottement fini  $f$ , le roulement se produit encore.

Je dis que, si le disque roulait auparavant sur la droite  $AA_1$  et s'il doit rouler ultérieurement sur la circonférence  $A_0BSB'A_0'$ , il roulera également sur l'arc  $A_1A_0$ .

En effet,  $N$  étant constamment positif, la condition de roulement s'exprime par les deux inégalités

$$fN - T > 0, \quad fN + T > 0,$$

qui doivent être satisfaites pour toutes les valeurs de  $u$  appartenant à l'intervalle  $(0, i)$  et qui, à cause de (33) et de (34), s'écrivent

$$\frac{P \cos u}{3} (3f + \operatorname{tg} u) + \frac{2V^2}{3ng^2} \left( f - \frac{n\lambda}{2} \right) > 0,$$

$$\frac{P \cos u}{3} (3f - \operatorname{tg} u) + \frac{2V^2}{3ng^2} \left( f + \frac{n\lambda}{2} \right) > 0.$$

Or, si le disque a roulé sur la droite  $AA_1$ , on a  $\operatorname{tg} i < 3f$  et a fortiori  $\operatorname{tg} u < 3f$ ; s'il doit rouler sur la circonférence, on a  $f > \frac{n\lambda}{2}$ . Les deux inégalités sont donc évidemment satisfaites et le disque roulera sur  $A_1A_0$ .

Je supposerai ces conditions remplies, c'est-à-dire, somme toute,  $f$  supérieur à la plus grande des deux quantités  $\frac{\operatorname{tg} i}{3}$  et  $\frac{n\lambda}{2}$ .

16. La variation de la vitesse  $V$  se suit aisément le long de l'arc  $A_1A_0$ .

La dérivée  $\frac{d(V^2)}{du}$  est négative au point  $A_1$ , car si l'on dérive



(32) et que l'on fasse  $u = i$ , on obtient

$$\frac{d(V^2)}{du} = 2n(\lambda V_1^2 - pg^2 \sin i),$$

ou, en remplaçant  $V_1^2$  par sa valeur (31),

$$\frac{d(V^2)}{du} = -2npg^2 \sin i e^{-\frac{4\lambda}{3pg} D}.$$

Au contraire, cette dérivée est positive au point  $A_0$ , car, si l'on dérive (36) et qu'on fasse  $u = 0$ , on trouve

$$\frac{d(V^2)}{du} = \frac{4n^2 \lambda pg^2}{4n^2 \lambda^2 + 1} (m + 1),$$

quantité positive, puisque  $m$  est supérieur à  $-1$ .

La dérivée  $\frac{d(V^2)}{du}$  passe donc par zéro un nombre impair de fois entre  $u = 0$  et  $u = i$ . Mais elle n'y passe qu'une fois, car elle s'écrit

$$\frac{2npg^2}{4n^2 \lambda^2 + 1} e^{2n\lambda u} [2n\lambda m - (\sin u - 2n\lambda \cos u) e^{-2n\lambda u}],$$

et la dérivée du second facteur, le seul qui puisse devenir nul, étant

$$-(4n^2 \lambda^2 + 1) \cos u e^{-2n\lambda u},$$

il ne peut s'annuler qu'une seule fois. Soit alors  $u = w_0$  la valeur unique pour laquelle la dérivée  $\frac{d(V^2)}{du}$  est nulle : comme elle y passe du négatif au positif, quand  $u$  décroît de  $i$  à 0, on voit que la vitesse  $V$  augmente quand  $u$  décroît de  $i$  à  $w_0$ , qu'elle est maximum pour  $u = w_0$ , et qu'elle diminue lorsque  $u$  continue à décroître de  $w_0$  à 0.

On trouve d'ailleurs facilement que le maximum de  $V^2$  est

$$V^2 = \frac{pg^2}{\lambda} \sin w_0.$$

**17.** La variation de la réaction normale le long de l'arc  $A_1 A_0$  est de même nature.

Effectivement, en dérivant la formule (33), on obtient :

$$\frac{dN}{du} = -p \sin u + \frac{2}{3ng^2} \frac{d(V^2)}{du},$$

qui, pour  $u = i$  et pour  $u = 0$ , donne :

$$\frac{dN}{du} = -p \sin i + \frac{2}{3ng^2} \frac{d(V^2)}{du},$$

$$\frac{dN}{du} = \frac{2}{3ng^2} \frac{d(V^2)}{du}.$$

Or  $\frac{d(V^2)}{du}$  est négatif en  $A_1$  et positif en  $A_0$ . Il en est donc de même de  $\frac{dN}{du}$  et, par conséquent, cette dérivée s'annule un nombre impair de fois sur l'arc  $A_1A_0$ . Mais elle ne s'annule qu'une fois, car autrement, l'équation

$$2n\lambda m - (\mu \sin u - 2n\lambda \cos u) e^{-2n\lambda u} = 0,$$

obtenue en égalant à zéro la dérivée de (37), aurait au moins trois racines, de sorte que son équation dérivée en aurait au moins deux ; or elle n'en a qu'une, car elle s'écrit :

$$6n\lambda \sin u - 7 \cos u = 0.$$

Si alors  $u = w$  désigne la valeur unique pour laquelle  $\frac{dN}{du}$  est nul, on voit que  $N$  augmente quand  $u$  décroît de  $i$  à  $w$ , que  $N$  est maximum pour  $u = w$  et qu'il diminue ensuite lorsque  $u$  décroît de  $w$  à 0.

Quant à la grandeur du maximum, elle est donnée par la formule (37) :

$$N = \frac{4p}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} (m e^{2n\lambda w} + \mu \cos w + 2n\lambda \sin w),$$

où  $w$  satisfait à l'équation

$$2n\lambda m e^{2n\lambda w} - \mu \sin w + 2n\lambda \cos w = 0,$$

qui permet d'éliminer l'exponentielle. On trouve ainsi pour le maximum :

$$N = \frac{p}{6n\lambda} (7 \sin w + 6n\lambda \cos w),$$

où l'on pourrait introduire l'angle  $\gamma$  de la formule (12).

**18.** Occupons-nous enfin de la réaction tangentielle T.

D'après la formule (34), elle s'annule une fois sur l'arc  $A_1 A_0$ , au point  $u = \omega_0$  où la vitesse V est maximum : de  $A_1$  à  $\omega_0$  elle est négative et, de  $\omega_0$  à  $A_0$ , elle est positive.

T peut d'ailleurs avoir un maximum comme il peut en être dépourvu.

Remarquons d'abord que la dérivée  $\frac{dT}{du}$  s'annule une fois au plus dans l'intervalle  $(0, i)$ . La formule (38) donne en effet :

$$(39) \quad \frac{dT}{du} = \frac{p}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} e^{2n\lambda u} [4n^2\lambda^2 m - (2n\lambda \sin u + \cos u) e^{-2n\lambda u}];$$

or, la dérivée du second facteur, le seul qui puisse s'annuler, étant :

$$(4n^2\lambda^2 + 1) \sin u e^{-2n\lambda u},$$

ce facteur passe au plus une fois par zéro. Il en est donc de même de  $\frac{dT}{du}$ .

Observons ensuite que  $\frac{dT}{du}$  est négatif au point  $A_1$ , car la formule (34) donne :

$$\frac{dT}{du} = -\frac{p}{3} \cos u + \frac{\lambda}{3g^2} \frac{d(V^2)}{du}$$

et  $\frac{d(V^2)}{du}$  est négatif en  $A_1$ .

Remarquons enfin que (39) donne comme valeur de  $\frac{dT}{du}$  au point  $A_0$  :

$$\frac{dT}{du} = \frac{4n^2\lambda^2 p}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} \left( m - \frac{1}{4n^2\lambda^2} \right).$$

De là les conclusions suivantes. Si l'on a  $m < \frac{1}{4n^2\lambda^2}$ , la dérivée  $\frac{dT}{du}$  est sans cesse négative, de sorte que T croît constamment quand  $u$  décroît de  $i$  à 0. Si l'on a  $m = \frac{1}{4n^2\lambda^2}$ ,  $\frac{dT}{du}$  est sans cesse négatif, sauf au point  $A_0$ , où il est nul, de sorte que T croît constamment et est maximum à l'extrémité  $A_0$  de l'arc. Si enfin  $m$  est

supérieur à  $\frac{1}{4n^2\lambda^2}$ ,  $\frac{dT}{du}$  s'annule pour une valeur  $u = \beta_1$ , comprise entre 0 et  $i$ , passant en ce point du négatif au positif : la réaction T croît donc de  $A_1$  en  $\beta_1$ , est maximum en  $\beta_1$ , puis décroît de  $\beta_1$  en  $A_0$ .

On trouve d'ailleurs aisément pour la grandeur du maximum, quand il existe :

$$T = \frac{p}{6n\lambda} \cos \beta_1.$$

Ce maximum est par conséquent positif, ainsi que cela devait être, puisque T, négatif pour  $u = i$ , est positif pour  $u = 0$ .

19. Lorsqu'on fait abstraction de la résistance de l'air, les formules (36), (37), (38), qui donnent la vitesse, la réaction normale et la réaction tangentielle se réduisent à :

$$V^2 = 2npg^2(m + \cos u),$$

$$N = \frac{4p}{3} \left( m + \frac{7}{4} \cos u \right),$$

$$T = -\frac{p}{3} \sin u.$$

Les points  $w_0$  et  $w$  de maximum de V et de N coïncident alors avec le point  $A_0$  de sorte que c'est en ce point que T s'annule.

L'unique condition imposée à  $f$  est d'ailleurs  $f > \frac{1g i}{3}$ .

## VI.

20. Considérons enfin le disque sur la droite horizontale  $A_0H$ . Les formules relatives à cette partie finale de la piste vont se déduire de celles qui concernent le plan incliné  $AA_1$  en y faisant  $i = 0$ .

Ayant appelé  $V_0$  la vitesse du centre du disque à la sortie de la circonférence en  $A_0$ , auquel cas on a :

$$V_0^2 = \frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (m e^{-4n\lambda x} + 1),$$

on obtient sans difficulté :

$$V^2 = V_0^2 e^{-\frac{4\lambda}{3pg} x},$$

$$N = p,$$

$$(40) \quad T = -\frac{p}{4g} \frac{d(V^2)}{dx} = \frac{\lambda V^2}{3g^2} = \frac{\lambda V_0'^2}{3g^2} e^{-\frac{4\lambda}{3pg}x},$$

$x$  désignant l'abscisse du point de contact comptée à partir de  $A'$  dans le sens  $A'_0H$ .

La condition de roulement  $\operatorname{tg} i < 3f$  est d'ailleurs satisfaite d'elle-même puisque  $i$  est nul.

Si l'on faisait abstraction de la résistance de l'air, la vitesse  $V$  et la réaction tangentielle seraient constantes.

## VII.

**21.** Il résulte de ce qui précède que, pour que le disque boucle la boucle en roulant, il faut et il suffit :

1° Que  $f$  soit supérieur au plus grand des deux nombres  $\frac{\operatorname{tg} i}{3}$  et  $\frac{n\lambda}{2}$  ;

2° Que la vitesse  $V_0$ , acquise par le centre du disque à son arrivée en  $A_0$ , soit assez grande pour que l'on ait  $m > h$ .

Pour un disque donné, cette dernière inégalité exige, comme il était facile de le prévoir, que les dimensions  $R$ ,  $i$ ,  $D$  de la piste remplissent certaines conditions, ainsi que le coefficient  $f$ .

Remplaçons dans (3)  $V_0^2$  par sa valeur (35), puis, dans le résultat,  $V_1^2$  par sa valeur (31) ; il vient :

$$m = \frac{\sin i - 2n\lambda \cos i - (4n^2\lambda^2 + 1) \sin i e^{-\frac{4\lambda}{3pg}D}}{2n\lambda e^{2n\lambda l}}.$$

Cette expression montre que,  $n$  et  $i$ , c'est-à-dire  $R$  et  $\iota$ , étant donnés, la plus grande valeur que puisse acquérir  $m$  est :

$$m' = \frac{\sin i - 2n\lambda \cos i}{2n\lambda e^{2n\lambda l}},$$

et encore est-ce pour  $D$  infini. La dérivée de  $m'$  par rapport à  $\iota$  :

$$\frac{(4n^2\lambda^2 + 1) \cos i}{2n\lambda e^{2n\lambda l}}$$

étant positive,  $m'$  augmente sans cesse quand  $i$  croît de 0 à  $\frac{\pi}{2}$  et,

pour  $i = \frac{\pi}{2}$ ,  $m'$  atteint son maximum qui est :

$$m'' = \frac{1}{2n\lambda e^{n\lambda\pi}}.$$

Cela posé, remarquons que, pour que  $m$  surpasse  $h$ , il faut déjà que  $m$  surpasse  $a$ , puisque  $h$  est supérieur à  $a$ . Or, si le maximum  $m''$  était égal ou inférieur à  $a$ , pour aucune valeur de  $i$  et de  $D$ ,  $m$  ne pourrait surpasser  $a$ . Une première condition nécessaire est donc que l'on ait  $m'' > a$ . Si nous la supposons remplie, il se trouve un angle  $j$  tel que  $m'$  soit égal à  $a$  et alors, pour qu'il existe des valeurs de  $D$ , il faut évidemment et il suffit que  $i$  soit supérieur à  $j$  et les valeurs de  $D$  seront celles qui vérifieront l'inégalité

$$\frac{\sin i - 2n\lambda \cos i - (4n^2\lambda^2 + 1) \sin i e^{-\frac{4\lambda}{3pg}D}}{2n\lambda e^{2n\lambda i}} > a.$$

Les conditions nécessaires et suffisantes pour que l'on ait  $m > a$  sont ainsi :

$$2n\lambda a e^{n\lambda\pi} < 1, \quad (41) \quad i > j,$$

$$(42) \quad D > \frac{3pg}{4\lambda} \log \frac{(4n^2\lambda^2 + 1) \sin i}{\sin i - 2n\lambda \cos i - 2n\lambda a e^{2n\lambda i}},$$

$j$  étant la racine de l'équation

$$2n\lambda a e^{2n\lambda i} - \sin i + 2n\lambda \cos i = 0.$$

Comme on a  $a = \frac{2n\lambda}{e^{n\lambda\pi}} b$ , la première de ces inégalités s'écrit :

$$b < \frac{1}{4n^2\lambda^2}.$$

Elle fixe la limite supérieure de  $n\lambda$  ou de  $R$ . Si, en effet, on y remplace  $b$  par sa valeur, elle devient :

$$n\lambda \sqrt{36n^2\lambda^2 + 49} e^{2n\lambda \left(\gamma + \frac{\pi}{2}\right)} < 2.$$

Or, celle-ci est vérifiée pour les valeurs de  $n\lambda$  qui sont inférieures à la racine  $\varphi$  de l'équation en  $n\lambda$  :

$$n^2\lambda^2 (36n^2\lambda^2 + 49) e^{4n\lambda \left(\gamma + \frac{\pi}{2}\right)} - 4 = 0,$$

racine qui est comprise entre 0,10 et 0,11; ainsi qu'on le voit aisément en tenant compte de la valeur (12) de  $\text{tg } \gamma$  et faisant les deux substitutions. La première inégalité équivaut donc à  $n\lambda < \varphi$ , ou, en remplaçant  $n$  par sa valeur (1) :

$$(43) \quad R < r + \frac{3pg}{2\lambda} \varphi.$$

Pour qu'on ait maintenant  $m > h$ , il faudra en outre donner à la piste et au disque un coefficient de frottement suffisamment grand. Reportons-nous en effet aux parties utiles des deux courbes du n° 10, et coupons-les par la droite  $y = m$  : la première au moins donnera un point d'intersection. Si  $F$  désigne alors la plus grande des abscisses des points d'intersection, pour que  $m$  soit supérieur à  $h$ , il faut et il suffit que  $f$  soit supérieur à  $F$ .

Telles sont les conditions multiples auxquelles équivaut l'inégalité  $m > h$ . Si nous les supposons remplies, nous aurons en particulier :

$$\sin i - 2n\lambda \cos i > 2n\lambda a e^{2n\lambda i}$$

qui,  $a$  et  $e^{2n\lambda i}$  étant plus grands que l'unité, donne  $\text{tg } i > 4n\lambda$ , et par suite  $\frac{\text{tg } i}{3} > \frac{4n\lambda}{3}$ . La plus grande des deux quantités  $\frac{\text{tg } i}{3}$  et  $\frac{n\lambda}{2}$  est donc  $\frac{\text{tg } i}{3}$ . Il en résulte que la première condition, qui disait que  $f$  doit surpasser le plus grand des deux nombres  $\frac{\text{tg } i}{3}$  et  $\frac{n\lambda}{2}$ , revient à dire que  $f$  doit être supérieur à  $\frac{\text{tg } i}{3}$ .

On en conclut que la condition à laquelle doit satisfaire le coefficient de frottement et qui doit être adjointe aux inégalités (41), (42), (43) se résume en ceci que  $f$  doit être supérieur au plus grand des deux nombres  $\frac{\text{tg } i}{3}$  et  $F$ .

On voit d'ailleurs aisément que, lorsque  $\lambda$  est nul, les conditions (41) et (43) sont remplies d'elles-mêmes, quels que soient  $R$  et  $i$ , tandis que (42) est remplacé par :

$$D > \frac{3}{2} \frac{npq}{\sin i} \left( \cos i + \frac{7}{4} \right).$$

Quant à  $f'$ , il doit alors surpasser le plus grand des deux nombres  $\frac{\operatorname{tg} i}{3}$  et  $\frac{1}{\sqrt{16m^2 - 4g}}$ .

22. Les conditions précédentes étant regardées comme satisfaites, le disque boucle la boucle en roulant. Je vais donner dans leur ensemble les variations de la vitesse  $V$  et des deux réactions  $N$  et  $T$ .

Pour définir uniformément la position du disque sur toute l'étendue de la piste, j'adopterai un paramètre unique, qui sera la longueur  $X$  du chemin parcouru par le centre  $C$  à partir de l'instant du départ. On aura ainsi :

$$\begin{aligned} X &= x, \\ X &= D + (R - r)(i - u), \\ X &= D + (R - r)(i + u), \\ X &= D + (R - r)(i + 2\pi) + x, \end{aligned}$$

selon que le disque touche la droite  $AA_1$ , l'arc de cercle  $A_1A_0$ , la circonférence  $A_0BSB'A_0$  ou l'horizontale  $A_0H$ .

Remarquons que l'on a

$$\frac{d(V^2)}{du} = (R - r) \frac{d(V^2)}{dX},$$

et, à cause de (1),

$$\frac{1}{6ng^2} = \frac{p}{4(R - r)g}.$$

Si donc on se reporte aux formules (30), (34), (6), (40), on voit que, tout le long de la piste, la réaction tangentielle est exprimée uniformément par la formule

$$(44) \quad T = -\frac{p}{4g} \frac{d(V^2)}{dX},$$

qui montre que  $T$  ne diffère de la dérivée  $\frac{d(V^2)}{dX}$  que par un facteur constant négatif.

La vitesse  $V$  varie d'une manière continue pendant toute la durée du trajet et sera une fonction continue de  $X$ . Il en sera de même de la réaction tangentielle, car les expressions

$$T = -\frac{p}{3} \sin i + \frac{\lambda V^2}{3g^2},$$



$$T = -\frac{p}{3} \sin u + \frac{\lambda V^2}{3g^2},$$

$$T = \frac{p}{3} \sin u + \frac{\lambda V^2}{3g^2},$$

$$T = \frac{\lambda V^2}{3g^2},$$

qui la représentent successivement sur les diverses parties de la piste, montrent qu'aux points de raccordement  $A_1$  et  $A'_1$ , où la courbure change brusquement, cette réaction est encore continue.

Par suite, à cause de (44),  $\frac{d(V^2)}{dX}$  varie aussi d'une manière continue.

Mais il n'en est pas de même de  $\frac{dT}{dX}$ , ni par conséquent de  $\frac{d^2(V^2)}{dX^2}$ : en  $A_1$  et en  $A'_1$ ,  $\frac{dT}{dX}$  passe subitement d'une valeur à une autre. Effectivement, au point  $A_1$ , on a d'une part

$$\frac{dT}{dX} = \frac{\lambda}{3g^2} \frac{d(V^2)}{dX},$$

et d'autre part

$$\frac{dT}{dX} = \frac{p \cos i}{3(R-r)} + \frac{\lambda}{3g^2} \frac{d(V^2)}{dX};$$

$\frac{dT}{dX}$  y augmente donc brusquement de  $\frac{p \cos i}{3(R-r)}$ . De même, en  $A'_1$ , on a d'un côté

$$\frac{dT}{dX} = \frac{p}{3(R-r)} + \frac{\lambda}{3g^2} \frac{d(V^2)}{dX},$$

et de l'autre

$$\frac{dT}{dX} = \frac{\lambda}{3g^2} \frac{d(V^2)}{dX};$$

$\frac{dT}{dX}$  y diminue donc brusquement de  $\frac{p}{3(R-r)}$ . En raison de la discontinuité de la courbure aux deux points considérés, les fonctions continues  $T$  et  $\frac{d(V^2)}{dX}$  n'y ont pas de dérivée.

La réaction normale est aussi discontinue aux mêmes points:

En effet, les formules (29), (33) et (5) qui l'expriment sur le plan incliné, sur l'arc de cercle et sur la circonférence, et la formule  $N = p$  qui la représente sur l'horizontale, montrent que cette réaction augmente brusquement de  $\frac{2 V_1^2}{3 ng^2}$  au point  $A_1$ , tandis qu'à la sortie, en  $A'_1$ , elle diminue subitement de  $\frac{2 V_0'^2}{3 ng^2}$ .

J'emploierai la représentation graphique pour résumer les variations qu'éprouvent  $V$ ,  $T$  et  $N$ , quand  $X$  croît depuis 0 jusqu'à la longueur totale de la piste. Pour indiquer sur l'axe des  $X$  les positions remarquables du centre  $C$  du disque, je me servirai des mêmes lettres  $A$ ,  $A_1$ ,  $A_0$ ,  $B$ ,  $S$ ,  $W$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ , etc., qui ont servi jusqu'ici à désigner les positions correspondantes du point de contact  $M$  sur la piste. Je désignerai d'ailleurs par la même lettre un point de la courbe et le pied de son ordonnée.

Observons encore que les inégalités (11) se complètent désormais comme il suit :

$$(45) \quad \frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda} < \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} < b < \frac{1}{4n^2\lambda^2} < \frac{e^{4n\lambda\pi}}{4n^2\lambda^2},$$

car on a dit au n° 6 (note) que, quel que soit  $n\lambda$ ,  $b$  est supérieur à  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ , tandis que nous avons vu au n° 21 que  $b$  doit être actuellement supposé moindre que  $\frac{1}{4n^2\lambda^2}$ . La quantité  $m$  peut occuper une place quelconque dans cette suite.

**23.** Pour figurer les variations de  $V$  et de  $T$ , il suffit de construire le lieu des points dont les abscisses sont les valeurs de  $X$  et dont les ordonnées sont les valeurs corrélatives de  $V^2$ . En effet, d'après (44),  $\frac{d(V^2)}{dX}$  varie proportionnellement à  $T$  : la même courbe représentera donc la variation de  $T$  par celle du coefficient angulaire de sa tangente. Les points où la tangente sera parallèle à l'axe des  $X$  seront des points où  $T$  sera nul ; les points d'inflexion seront des points de maximum ou de minimum pour  $T$ , et la courbe tournera sa convexité ou sa concavité vers les ordonnées positives, selon que  $T$  sera croissant ou décroissant.

Étant donnés les résultats des n°s 13, 16 et 18, on peut déjà conclure de là que, quel que soit  $m$ , l'ordonnée  $V^2$  croît toujours du

point A au point  $W_0$ , où elle est maximum, et que, dans cet intervalle, la courbe est sans cesse convexe vers les ordonnées positives. Le point  $W_0$  est d'ailleurs compris entre  $A_1$  et  $A_0$ . On en déduit aussi, d'après ce qui a été dit au n° 20, que, quel que soit  $m$ , l'ordonnée décroît toujours au delà du point  $A'_0$  et que, dans cette région, la courbe est au contraire constamment concave. Il faut observer que, en raison de ce dernier fait, si la courbe arrive au point  $A'_0$  en tournant sa convexité vers le haut, la courbure changera de sens en ce point, où  $\frac{d(V^2)}{dX^2}$  passera brusquement d'une valeur négative à une valeur positive, de sorte que le point  $A'_0$  sera un point d'inflexion.

Quant à la forme de la courbe entre les points  $W_0$  et  $A'_0$ , elle dépend de la valeur de  $m$ . En rapprochant les résultats obtenus aux n°s 4, 6, 16, 18, on parvient sans peine aux conclusions suivantes :

1°  $m < \frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda}$ . — Il y a un point  $\alpha_0$ , compris entre les points

S et B', dont l'ordonnée est minimum, et un point  $\beta_0$ , compris entre les points B' et  $A'_0$ , dont l'ordonnée est maximum, ce qui, avec le point  $W_0$ , donne un total de trois points où la tangente est parallèle à l'axe des X. Il existe d'ailleurs trois points d'inflexion :  $\beta_1$  entre  $A_0$  et B,  $\alpha_1$  entre S et B', et le point  $A'_0$ . C'est le cas de la figure 1 ;

2°  $m = \frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda}$ . — Les mêmes choses subsistent, si ce n'est que

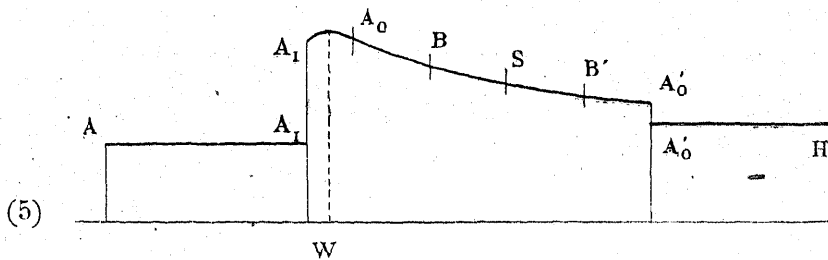
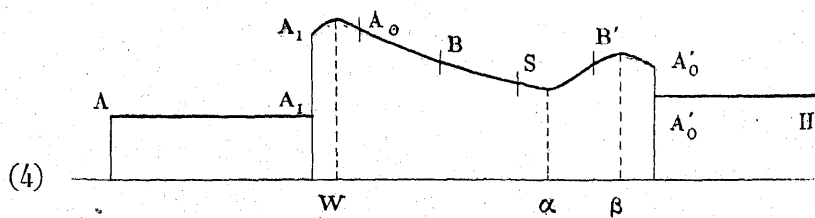
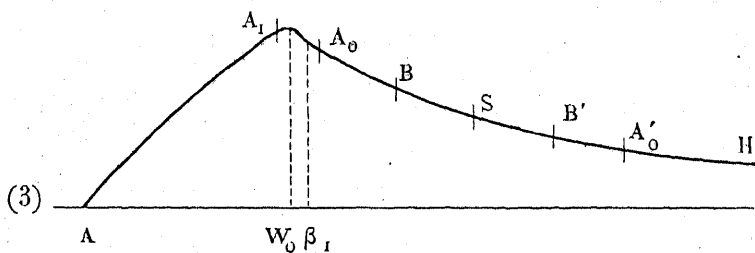
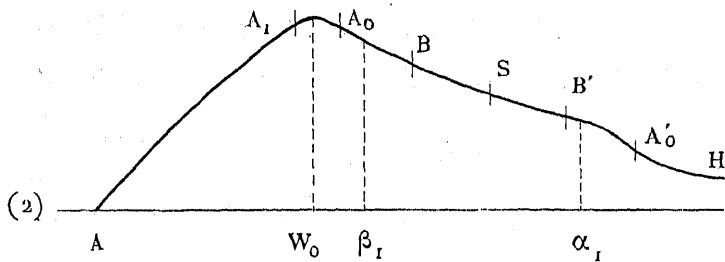
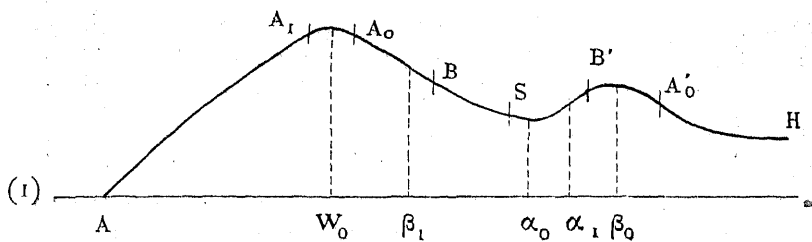
les trois points  $\alpha_0$ ,  $\beta_0$  et  $\alpha_1$  sont venus se confondre avec le point B', qui est ainsi un point d'inflexion, où la tangente est parallèle à l'axe des X, mais non pas un point de maximum ou de minimum ;

3°  $\frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda} < m < \frac{1}{4n^2\lambda^2}$ . — Les points  $\alpha_0$  et  $\beta_0$  n'existent plus et

le point  $W_0$  est le seul où la tangente soit horizontale. Le point d'inflexion  $\alpha_1$  s'est déplacé à droite et est maintenant entre B' et  $A'_0$ . C'est le cas de la figure 2 ;

4°  $m = \frac{1}{4n^2\lambda^2}$ . — Les mêmes choses subsistent, si ce n'est que

le point d'inflexion  $\beta_1$ , qui, jusqu'à présent, était entre  $A_0$  et B, est ici en  $A_0$  ;



5°  $\frac{1}{4n^2\lambda^2} < m < \frac{e^{4n\lambda\pi}}{4n^2\lambda^2}$ . — Le point d'inflexion  $\beta$ , s'est encore déplacé vers la gauche, et il est désormais entre  $W_0$  et  $A_0$ ; les deux autres,  $\alpha_1$  et  $A'_0$ , subsistent toujours,  $\alpha_1$  entre  $B'$  et  $A'_0$ .

6°  $m = \frac{e^{4n\lambda\pi}}{4n^2\lambda^2}$ . — Le point  $\alpha_1$  est venu se confondre avec le point  $A'_0$ , qui cesse par conséquent d'être un point d'inflexion;

7°  $\frac{e^{4n\lambda\pi}}{4n^2\lambda^2} < m$ . — Le point  $\alpha_1$  n'existe plus, et, comme dans le cas précédent, la courbe ne possède d'autre point d'inflexion que le point  $\beta_1$  entre  $W_0$  et  $A_0$ . C'est le cas de la figure 3.

24. Représentons maintenant la variation de  $N$ , en construisant la ligne dont les ordonnées sont les valeurs, toujours positives, de cette réaction.

Nous savons déjà que, quel que soit  $m$ , cette ligne comporte deux parties rectilignes parallèles à l'axe des  $X$ , l'une d'ordonnée  $p \cos i$ , limitée aux points  $A$  et  $A_1$ , l'autre d'ordonnée  $p$ , commençant au point  $A'_0$ . Nous savons aussi que, quel que soit  $m$ , l'ordonnée augmente brusquement au point  $A_1$ , diminue subitement au point  $A'_0$  et croît toujours (n° 17) depuis le point  $A_1$  jusqu'à un certain point  $W$ , compris entre  $A_1$  et  $A_0$ , où elle est maximum.

Quant à la forme de la courbe entre les points  $W$  et  $A'_0$ , elle dépend de la valeur de  $m$ , qui peut occuper un rang quelconque dans la suite croissante (45). En se reportant aux n°s 5 et 17, on voit que les conclusions sont les suivantes :

1°  $m < \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . — Il existe un point  $\alpha$  compris entre les points  $S$  et  $B'$ , dont l'ordonnée est minimum, et un point  $\beta$ , entre  $B'$  et  $A'_0$ , dont l'ordonnée est maximum, ce qui, avec le point  $W$ , donne trois points où la tangente est horizontale. On a ainsi la figure 4. Au point de vue de la variation correspondante de  $V$  et de  $T$ , on peut d'ailleurs se trouver dans le premier, dans le deuxième ou dans le troisième cas du numéro précédent.

2°  $m = \frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi}$ . — Le point de minimum  $\alpha$ , au lieu d'être compris entre  $S$  et  $B'$ , coïncide avec le point  $B'$ ;

3°  $\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} < m < b$ . — Le point  $\alpha$  a encore avancé et se trouve actuellement entre  $B'$  et  $A'_0$ , comme le point de maximum  $\beta$ .

4°  $m = b$ . — Les points  $\alpha$  et  $\beta$  de minimum et de maximum se confondent ici en un seul point  $\theta$ , situé entre  $B'$  et  $A'_0$ , de sorte que l'ordonnée est constamment décroissante depuis le point  $W$  jusqu'au point  $A'_0$  et le point  $\theta$  est un point d'inflexion où la tangente est horizontale. En ce qui concerne la variation associée de  $V$  et de  $T$ , c'est le troisième cas du n° 23 qui répond à notre cas actuel, comme aux deux précédents.

5°  $b < m$ . — Les points  $\alpha$  et  $\beta$  n'existent plus et l'ordonnée décroît encore constamment entre  $W$  et  $A'_0$ , mais sans que la courbe ait d'autre tangente horizontale que celle du point  $W$ . Elle est représentée par la figure 5. On peut d'ailleurs se trouver, au point de vue de la variation corrélative de  $V$  et de  $T$ , dans l'un quelconque des cinq derniers cas du n° 23, ainsi que le montrent les inégalités (45).

## VIII.

25. Il reste à déterminer le temps  $\Theta$  que met le disque à boucler la boucle. J'entends par là le temps qui s'écoule entre l'instant où il touche la piste au point  $A$  et l'instant où, sortant de la circonférence, il touche la piste au point  $A'_0$ .

On calculera successivement le temps employé par le disque pour descendre le plan incliné  $AA_1$ , puis le temps qu'il met à descendre l'arc  $A_1A_0$  et enfin la durée de sa révolution sur la circonférence.

La première durée se trouve aisément, car l'expression de la vitesse sur le plan incliné (n° 13) donne :

$$\sqrt{\frac{\rho \sin i}{\lambda}} g dt = \frac{dx}{\sqrt{1 - e^{-\frac{4\lambda}{3\rho g} x}}}$$

que l'on intègre facilement. On obtient ainsi pour la première durée

$$(46) \quad t_1 = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{\rho}{\lambda \sin i}} \log \frac{1 + \sqrt{1 - e^{-\frac{4\lambda}{3\rho g} D}}}{1 - \sqrt{1 - e^{-\frac{4\lambda}{3\rho g} D}}}$$

Pour calculer le second intervalle de temps  $t_2$ , on a la formule

$$V = - (R - r) \frac{du}{dt},$$

qui donne

$$(47) \quad t_2 = \int_0^i \frac{R-r}{V} du,$$

où V a la valeur (36). On pourra employer la méthode des trapèzes, en prenant pour sommet de l'un d'eux le point W<sub>0</sub> qui répond au minimum de  $\frac{R-r}{V}$ .

Enfin, le temps t<sub>3</sub> que met le disque à parcourir la circonférence est

$$(48) \quad t_3 = \int_0^{2\pi} \frac{R-r}{V} du,$$

se déduisant de (47) par le changement de λ en -λ et de i en 2π. On le calculera par des procédés analogues.

26. Lorsqu'on fait abstraction de la résistance du milieu, les formules (46), (47), (48) sont remplacées par les suivantes :

$$t_1 = \sqrt{\frac{3D}{g \sin i}},$$

$$t_2 = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{np}{2}} \int_0^i \frac{du}{\sqrt{m + \cos u}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{np}{2m}} \int_0^i (1 + \varepsilon \cos u)^{-\frac{1}{2}} du,$$

$$t_3 = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{np}{2}} \int_0^{2\pi} \frac{du}{\sqrt{m + \cos u}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{np}{2m}} \int_0^{2\pi} (1 + \varepsilon \cos u)^{-\frac{1}{2}} du,$$

m ayant ici pour valeur

$$(49) \quad m = \frac{V_0^2}{2np g^2} - 1$$

et ε désignant la quantité  $\frac{1}{m}$ , qui est inférieure à l'unité. On peut

alors développer  $(1 + \varepsilon \cos u)^{-\frac{1}{2}}$  par la formule du binôme et il vient ainsi :

$$(1 + \varepsilon \cos u)^{-\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \varepsilon \cos u + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \varepsilon^2 \cos^2 u - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} \varepsilon^3 \cos^3 u + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \varepsilon^4 \cos^4 u - \dots,$$

c'est-à-dire, en remplaçant les puissances de  $\cos u$  par leurs expressions en fonction des cosinus des multiples de  $u$  :

$$(1 + \varepsilon \cos u)^{-\frac{1}{2}} = C_0 - C_1 \cos u + C_2 \cos 2u - C_3 \cos 3u + C_4 \cos 4u - \dots,$$

où l'on a :

$$(50) \quad \begin{aligned} C_0 &= 1 + \frac{1}{2} \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \varepsilon^2 + \frac{3}{8} \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \varepsilon^4 + \dots \\ C_1 &= \frac{1}{2} \varepsilon + \frac{3}{4} \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} \varepsilon^3 + \dots \\ C_2 &= \frac{1}{2} \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \varepsilon^2 + \frac{4}{8} \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \varepsilon^4 + \dots \\ C_3 &= \frac{1}{4} \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} \varepsilon^3 + \dots \\ C_4 &= \frac{1}{8} \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \varepsilon^4 + \dots \end{aligned}$$

On en conclut :

$$\int_0^u (1 + \varepsilon \cos u)^{-\frac{1}{2}} du = C_0 u - C_1 \sin u + \frac{C_2}{2} \sin 2u - \frac{C_3}{3} \sin 3u + \frac{C_4}{4} \sin 4u - \dots$$

Les temps que met le disque à parcourir la droite  $AA_1$ , l'arc  $A_1A_0$  et la circonférence sont donc respectivement :

$$(51) \quad \begin{aligned} t_1 &= \sqrt{\frac{3D}{g \sin i}}, \\ t_2 &= \frac{3}{2} \sqrt{\frac{np}{2m}} \left( C_0 i - C_1 \sin i + \frac{C_2}{2} \sin 2i - \frac{C_3}{3} \sin 3i + \dots \right), \\ t_3 &= 3\pi \sqrt{\frac{np}{2m}} C_0. \end{aligned}$$



## DEUXIÈME PARTIE

## APPLICATION

On va faire une application numérique de la théorie qui précède.  
Je supposerai la boucle définie par les dimensions suivantes :

$$R = 3^m,50, \quad D = 34 \text{ mètres,}$$

la différence d'altitude des points A et A<sub>1</sub> étant de 14 mètres. L'angle désigné par  $i$  est donc tel que l'on a :

$$\sin i = \frac{7}{17} \text{ ou } \operatorname{tg} i = \frac{7\sqrt{15}}{60},$$

ce qui donne

$$i = 24^\circ 19',$$

ou plus exactement

$$i = 24^\circ 18' 56''.$$

Le disque aura 1<sup>m</sup>,20 de rayon et pèsera 100 kilogr.

$$r = 1^m,20, \quad p = 100 \text{ kilogr.}$$

Le rayon de la circonférence décrite par le centre du disque à l'intérieur de la boucle sera ainsi :

$$R - r = 2^m,30.$$

On a d'ailleurs

$$g = 9^m,81, \quad \lambda = 3^m,85.$$

Calculons tout de suite quelques nombres qui vont être utiles.  
On trouve facilement :

$$n = \frac{2(R - r)}{3pg} = 0,00156,$$

$$2n = 0,00312,$$

$$n\lambda = 0,006006,$$

$$2n\lambda = 0,012012,$$

$$4n^2\lambda^2 = 0,000144288,$$

$$g^2 = 96,2361,$$

$$2npg^2 = 30,0256632,$$

$$\frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} = 30,02166,$$

$$\frac{4n^2\lambda^2 + 1}{2npg^2} = 0,033309,$$

$$\mu = \frac{12n^2\lambda^2 + 7}{4} = 1,750108,$$

$$n\lambda\pi = 0,018868,$$

$$\frac{1}{2n\lambda} = 83,2501, \quad e^{n\lambda\pi} = 1,019,$$

$$\frac{\mu}{2n\lambda} = 145,6875, \quad e^{2n\lambda\pi} = 1,038,$$

$$\frac{1}{4n^2\lambda^2} = 6930,5812, \quad e^{3n\lambda\pi} = 1,058,$$

$$\frac{\mu}{4n^2\lambda^2} = 12128,5171 \quad e^{4n\lambda\pi} = 1,078,$$

$$\mu e^{2n\lambda\pi} = 1,8166,$$

$$\frac{1}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} = 88,0786,$$

$$\frac{\mu}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} = 154,1374,$$

$$\frac{1}{4n^2\lambda^2} e^{4n\lambda\pi} = 7471,1665,$$

$$\frac{\mu}{4n^2\lambda^2} e^{4n\lambda\pi} = 13074,5415.$$

Valeur de la vitesse  $V_1$ . — Elle est donnée par la formule (29).  
Or on a

$$pg^2 = 9623,61,$$

$$\sin i = \frac{7}{17},$$

$$\lambda = 3,85,$$

qui donnent

$$\frac{pg^2 \sin i}{\lambda} = 1029,2631.$$

On a ensuite

$$4\lambda = 15,40,$$

$$D = 34,$$

$$3pg = 2943,$$

qui donnent

$$\frac{4\lambda}{3pg} D = 0,17791$$

et par suite

$$\log e^{-\frac{4\lambda}{3pg} D} = -0,17791 \times 0,4343 = -0,077337.$$

D'où

$$e^{-\frac{4\lambda}{3pg} D} = 0,83701,$$

$$1 - e^{-\frac{4\lambda}{3pg} D} = 0,16299.$$

On en conclut :

$$V_1^2 = 167,7596,$$

$$V_1 = 12,95.$$

En arrivant au bas du plan incliné, le centre du disque possède donc une vitesse de 12<sup>m</sup>,95 par seconde, c'est-à-dire de 46<sup>km</sup>,620 à l'heure. La valeur absolue de la vitesse angulaire est alors

$$\frac{V_1}{r} = \frac{12,95}{1,20} = 10,79,$$

de sorte que le disque fait 1<sup>tour</sup>,72 par seconde.

Valeur de la vitesse  $V_0$ . — Elle se déduit de la formule (30). Comme on a

$$i = 24^\circ 19',$$

il vient

$$\cos i = 0,911$$

$$2n\lambda \sin i = 0,00494$$

$$2n\lambda i = 0,00509$$

$$e^{2n\lambda i} = 1,00510$$

$$\frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (e^{2n\lambda i} - \cos i - 2n\lambda \sin i) = 2,6768$$

$$V_0^2 \times 1,00510 = 170,4364.$$

On en conclut :

$$V_0^2 = 169,5715$$

$$V_0 = 13,02.$$

Lorsque le disque arrive au bas de l'arc  $A_1A_0$ , son centre possède donc une vitesse de 13<sup>m</sup>,02 par seconde, soit de 46<sup>km</sup>,872 à l'heure. La valeur absolue de sa vitesse angulaire est alors 10,85.

Conditions (10) et (15). — La condition (10) est satisfaite, car on a

$$\frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (1 + e^{2n\lambda\tau}) = 61,1841.$$

Si donc le roulement était imposé comme liaison, si en outre cette liaison était bilatérale, la vitesse  $V_0$  a une valeur bien supérieure à celle qui est nécessaire pour que le disque boucle la boucle.

Mais la condition (15) est aussi satisfaite. On a en effet

$$a = \frac{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}}{4} e^{2n\lambda\tau},$$

$\gamma$  étant l'angle compris entre  $180^\circ$  et  $270^\circ$  qui est défini par l'égalité

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{6n\lambda}{7}.$$

Or, on trouve sans peine

$$\begin{aligned} \gamma &= 180^\circ 17' 42'' \\ e^{2n\lambda\tau} &= 1,039 \\ \frac{\sqrt{36n^2\lambda^2 + 49}}{4} &= 1,75. \end{aligned}$$

On en conclut :

$$a = 1,8183$$

et par suite

$$\frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1} (1 + a) = 84,6100,$$

valeur qui est inférieure à celle de  $V_0^2$ . La condition (15) est donc bien aussi vérifiée, de sorte que, si le roulement était encore imposé comme liaison, mais cette liaison étant unilatérale, le disque bouclerait encore la boucle.

La quantité désignée par  $m$ , qui permet de remplacer les inégalités (10) et (15) par (9) et (14), est d'ailleurs donnée par la formule (3) et on trouve

$$m = 4,6482.$$

Il va de soi que les conditions (41), (42) et (43) sont satisfaites, puisque, d'après le n° 21, elles équivalent à  $m > a$ . On voit bien,

en particulier, que la condition (43) ou  $n\lambda < \rho$  est vérifiée,  $\rho$  étant supérieur à 0,10 et  $n\lambda$  étant moindre que 0,007.

*Condition de roulement.* — En réalité, la piste n'est pas parfaitement rugueuse et le disque ne roule pas nécessairement. Il faut supposer un coefficient de frottement suffisamment grand. D'après ce qui a été expliqué au n° 21, il faut et il suffit que  $f$  dépasse le plus grand des deux nombres  $\frac{\text{tg } i}{3}$  et  $F$ . Or il est facile de voir que c'est le premier qui est le plus grand.

On a, en effet, ici :

$$\frac{\text{tg } i}{3} = \frac{7\sqrt{15}}{180} = 0,1506\dots$$

Or, considérons les deux courbes du n° 10 et calculons les ordonnées  $Ae^{2n\lambda u_1}$  et  $Be^{2n\lambda u_2}$  qui répondent à l'abscisse  $f = 0,1$ . On obtient :

$$\begin{aligned} A &= 3,06, & e^{2n\lambda u_1} &= 1,03, \\ B &= 2,91, & e^{2n\lambda u_2} &= 1,05, \end{aligned}$$

qui donnent

$$Ae^{2n\lambda u_1} = 3,15, \quad Be^{2n\lambda u_2} = 3,06.$$

Ces deux ordonnées sont moindres que  $m$  et, par suite, il en est de même *à fortiori* des deux ordonnées qui répondent à l'abscisse  $f = \frac{\text{tg } i}{3}$ , supérieure à 0,1. Donc le nombre  $\frac{\text{tg } i}{3}$  est évidemment supérieur à l'abscisse désignée par  $F$ .

Il résulte de là que, pour qu'il y ait roulement sur toute l'étendue de la piste, avec les données numériques proposées, il faut et il suffit que l'on ait

$$f > \frac{7\sqrt{15}}{180},$$

c'est-à-dire que le disque roule au départ. Je supposerai qu'il en est ainsi.

*Calcul de la variation de V.* — La vitesse  $V$  du centre du disque commence par croître jusqu'en un point  $u = u_0$ , intérieur à l'arc  $A_1A_0$ , où elle est maximum, puis elle décroît; comme  $m$  est moindre que  $\frac{1}{2n\lambda} e^{3n\lambda\pi} = 88,079$ ,  $V$  cesse de décroître à partir

d'un point  $u = \alpha_0$ , compris entre S et B', où il est minimum; V croît ensuite jusqu'en un point  $u = \beta_0$ , compris entre B' et A', où il est maximum; enfin la vitesse décroît de  $\beta_0$  en A' et au delà. C'est le cas de la figure 1 du n° 23.

Pour calculer chaque maximum et le minimum, j'utiliserai l'angle de 41' 18" tel que l'on a

$$2n\lambda = \operatorname{tg}(41' 18'').$$

Calculons d'abord le premier maximum. L'angle  $w_0$  est l'angle qui satisfait à l'équation

$$2n\lambda m e^{2n\lambda u} - \sin u + 2n\lambda \cos u = 0.$$

Elle s'écrit :

$$\sin(u - 41' 18'') - 0,0557961 e^{2n\lambda u} = 0,$$

ou encore

$$\sin(u - 41' 18'') - l^{2n\lambda u} \sin(3^\circ 11' 55'') = 0.$$

Une valeur approchée de  $u$  est donc :

$$\begin{aligned} u - 41' 18'' &= 3^\circ 11' 55'' \\ u &= 3^\circ 53' 13'', \end{aligned}$$

et, substituée dans le premier membre, elle donne évidemment le signe —. Au contraire, la valeur

$$u = 3^\circ 53' 30''$$

donne le signe +, car on obtient :

$$\log \sin(u - 41' 18'') = \bar{2},7472532,$$

$$\log(0,0557961 e^{2n\lambda u}) = \bar{2},7468956.$$

La racine  $w_0$  est donc comprise entre  $3^\circ 53' 13''$  et  $3^\circ 53' 30''$ . Adoptons la valeur

$$w_0 = 3^\circ 53' 30''.$$

Le maximum de  $V^2$  est alors :

$$V^2 = \frac{Pg^2}{\lambda} \sin w_0 = 2500 \sin(3^\circ 53' 30''),$$

$$V^2 = 169,675.$$

D'où :

$$V = 13^m,03.$$

Calculons maintenant le minimum.

Si l'on pose  $\alpha_0 = 180^\circ + x$ , l'angle  $x$  appartient au 1<sup>er</sup> quadrant et est donné par l'équation

$$2n\lambda m e^{-2n\lambda\pi} e^{-2n\lambda x} 2n\lambda \cos x - \sin x = 0$$

qui s'écrit :

$$e^{2n\lambda x} \sin(x + 41' 18'') - 0,0537532 = 0,$$

ou encore :

$$e^{2n\lambda x} \sin(x + 41' 18'') - \sin(3^\circ 4' 53'') = 0.$$

Une valeur approchée de  $x$  est donc :

$$\begin{aligned} x + 41' 18'' &= 3^\circ 4' 53'' \\ x &= 2^\circ 23' 35'' \end{aligned}$$

et, substituée dans le premier membre, elle donne évidemment le signe +. Au contraire, la valeur

$$x = 2^\circ 23'$$

donne le signe —, car on obtient :

$$e^{2n\lambda x} \sin(x + 41' 18'') = 0,0536118.$$

La racine  $x$  est donc comprise entre  $2^\circ 23'$  et  $2^\circ 23' 35''$ . J'adopterai la valeur

$$x = 2^\circ 23'$$

qui donne :

$$\alpha_0 = 182^\circ 23'.$$

Le minimum de  $V^2$  est alors :

$$V^2 = \frac{pg^2}{\lambda} \sin x = 2500 \sin(2^\circ 23'),$$

c'est-à-dire :

$$V^2 = 103,975.$$

D'où :

$$V = 10^m,19.$$

Calculons enfin le second maximum. Si l'on pose  $\beta_0 = 360^\circ - \varepsilon$ , l'angle  $\varepsilon$  appartient au 1<sup>er</sup> quadrant et est donné par l'équation

$$2n\lambda m e^{-4n\lambda\pi} e^{2n\lambda\varepsilon} + 2n\lambda \cos \varepsilon - \sin \varepsilon = 0,$$

qui s'écrit :

$$\sin(\varepsilon - 41' 18'') - 0,0517588 e^{2n\lambda\varepsilon} = 0,$$

ou encore :

$$\sin(\varepsilon - 41' 18'') - e^{2n\lambda\varepsilon} \sin(2^\circ 58' 1'') = 0.$$

Une valeur approchée de  $\varepsilon$  est donc :

$$\begin{aligned} \varepsilon - 41' 18'' &= 2^\circ 58' 1'' \\ \varepsilon &= 3^\circ 39' 19'' \end{aligned}$$

et, substituée dans le premier membre, elle donne évidemment le signe  $-$ . Au contraire, la valeur

$$\varepsilon = 3^\circ 40'$$

donne le signe  $+$ , car on obtient :

$$\begin{aligned} \log \sin(\varepsilon - 41' 18'') &= \bar{2},7156551 \\ \log(0,0517588 e^{2n\lambda\varepsilon}) &= \bar{2},7143184. \end{aligned}$$

La racine  $\varepsilon$  est donc comprise entre  $3^\circ 39' 19''$  et  $3^\circ 40'$ . J'adopterai la valeur

$$\varepsilon = 3^\circ 40'$$

qui donne :

$$\beta_0 = 356^\circ 20'.$$

Le maximum de  $V^2$  est alors :

$$\begin{aligned} V^2 &= \frac{pg^2}{\lambda} \sin \varepsilon = 2500 \sin(3^\circ 40') \\ V^2 &= 159,875. \end{aligned}$$

D'où :

$$V = 12^m,64.$$

Les valeurs de  $V^2$  en B, S, B' et A<sub>0</sub> s'obtiennent d'ailleurs en multipliant par  $\frac{2npg^2}{4n^2\lambda^2 + 1}$  les binômes

$$me^{-\lambda\lambda\pi} - 2n\lambda, \quad me^{-2n\lambda\pi} - 1, \quad me^{-3n\lambda\pi} + 2n\lambda, \quad me^{-4n\lambda\pi} + 1.$$



On trouve ainsi respectivement, pour les points B, S, B' et A'₀ :

$$\begin{array}{ll} V^2 = 136,579 & V = 11^m,69 \\ V^2 = 104,310 & V = 10^m,21 \\ V^2 = 132,229 & V = 11^m,50 \\ V_0^2 = 159,330 & V_0' = 12^m,62 \end{array}$$

Les valeurs principales de V sont donc les suivantes :

Au point A . . . . .	V = 0
— A₁ . . . . .	V₁ = 12 <sup>m</sup> ,95
— ω₀ . . . . .	V = 13 <sup>m</sup> ,03
— A₀ . . . . .	V₀ = 13 <sup>m</sup> ,02
— B . . . . .	V = 11 <sup>m</sup> ,69
— S . . . . .	V = 10 <sup>m</sup> ,21
— α₀ . . . . .	V = 10 <sup>m</sup> ,19
— B' . . . . .	V = 11 <sup>m</sup> ,50
— β₀ . . . . .	V = 12 <sup>m</sup> ,64
— A'₀ . . . . .	V = 12 <sup>m</sup> ,62

*Calcul de la variation de N.* — Tant que le disque est sur la droite AA₁, la réaction normale N conserve la valeur

$$N = p \cos i = 91^{\text{kg}}, 13.$$

Au moment où il franchit le point A₁, N passe brusquement de cette valeur à la valeur

$$p \cos i + \frac{2 V_1^2}{3 n g^2},$$

qui est égale à 836<sup>kg</sup>, 10. Puis N augmente jusqu'en un point  $u = \omega$ , précédant le point A₀, pour décroître au delà. Comme  $m$  est inférieur à

$$\frac{\mu}{2 n \lambda} e^{3 n \lambda \pi} = 154,137,$$

N décroît jusqu'à un certain minimum, qu'il atteint en un point  $u = \alpha$ , compris entre S et B'; N augmente ensuite jusqu'en un point  $u = \beta$ , compris entre B' et A'₀, où il est maximum; enfin N diminue de  $\beta$  en A'₀, où il passe brusquement de la valeur

$$p + \frac{2 V_0'^2}{3 n g^2},$$

qui est égale à  $808^{\text{kg}}, 13$ , à la valeur  $p = 100$  kilogr., qu'il conserve sur A<sub>0</sub>H. C'est le cas de la figure 4 du n° 24. Le minimum est positif, puisque  $m$  surpasse  $a$ .

J'utiliserai l'angle de

$$0^{\circ} 23' 34'', 40$$

qui est tel que sa tangente est égale à  $\frac{2n\lambda}{\mu}$ .

Calculons d'abord le premier maximum. L'angle  $w$  est l'angle aigu qui vérifie l'équation

$$2n\lambda m e^{2n\lambda u} - \mu \sin u + 2n\lambda \cos u = 0.$$

Elle s'écrit :

$$\sin(u - 23' 34'', 40) - 0,0318855 e^{2n\lambda u} = 0,$$

ou encore :

$$\sin(u - 23' 34'', 40) - e^{2n\lambda u} \sin(1^{\circ} 49' 37'', 97) = 0.$$

Une valeur approchée de  $u$  est donc :

$$\begin{aligned} u - 23' 34'', 40 &= 1^{\circ} 49' 37'', 97 \\ u &= 2^{\circ} 13' 12'', 37, \end{aligned}$$

et, substituée dans le premier membre, elle donne évidemment le signe —. Au contraire, la valeur

$$u = 2^{\circ} 13' 30''$$

donne le signe +, car on obtient :

$$\begin{aligned} \log \sin(u - 23' 34'', 40) &= \bar{2},5047552, \\ \log(0,0318855 e^{2n\lambda u}) &= \bar{2},5037958. \end{aligned}$$

La racine  $w$  est donc comprise entre  $2^{\circ} 13' 12'', 37$  et  $2^{\circ} 13' 30''$ . J'adopterai la valeur

$$w = 2^{\circ} 13' 30''.$$

Le maximum de  $N$  est alors :

$$N = p \left( \frac{7 \sin w}{6n\lambda} + \cos w \right).$$

Comme on a :

$$\begin{aligned} \sin w &= 0,038824, \\ \cos w &= 0,999246, \end{aligned}$$

on en déduit pour ce maximum :

$$N = 854^{\text{kg}}, 08.$$

Calculons maintenant le minimum. Si l'on pose  $\alpha = 180^\circ + x$ , l'angle  $x$  appartient au 1<sup>er</sup> quadrant et est donné par l'équation

$$2n\lambda m e^{-2n\lambda\pi} e^{-2n\lambda x} - 2n\lambda \cos x - \mu \sin x = 0,$$

qui s'écrit :

$$e^{2n\lambda x} \sin(x + 23' 34'', 40) - 0,0307182 = 0,$$

ou encore :

$$e^{2n\lambda x} \sin(x + 23' 34'', 40) - \sin(1^\circ 45' 37'', 08) = 0.$$

Une valeur approchée de  $x$  est donc :

$$\begin{aligned} x + 23' 34'', 40 &= 1^\circ 45' 37'', 08 \\ x &= 1^\circ 22' 2'', 68 \end{aligned}$$

et, substituée dans le premier membre, elle donne évidemment le signe +. Au contraire, la valeur

$$\begin{aligned} x + 23' 34'', 40 &= 1^\circ 45' \\ x &= 1^\circ 21' 25'', 60 \end{aligned}$$

donne le signe —, car on obtient :

$$e^{2n\lambda x} \sin(x + 23' 34'', 40) = 0,0305492.$$

La racine  $x$  est donc comprise entre

$$1^\circ 21' 25'', 60 \quad \text{et} \quad 1^\circ 22' 2'', 68.$$

J'adopterai la valeur

$$x = 1^\circ 21'$$

qui donne :

$$\alpha = 181^\circ 21'.$$

Le minimum de  $N$  est alors :

$$N = p \left( \frac{7 \sin x}{6n\lambda} - \cos x \right),$$

c'est-à-dire :

$$N = 358^{\text{kg}}, 14,$$

car on a :

$$\sin(1^\circ 21') = 0,02356, \quad \cos(1^\circ 21') = 0,99972.$$

Calculons enfin le second maximum. Si l'on pose  $\beta = 360^\circ - \varepsilon$ , l'angle  $\varepsilon$  appartient au 1<sup>er</sup> quadrant et est donné par l'équation

$$2n\lambda m e^{-4n\lambda\pi} e^{2n\lambda\varepsilon} + 2n\lambda \cos \varepsilon - \mu \sin \varepsilon = 0,$$

qui s'écrit :

$$\sin(\varepsilon - 23'34'',40) - 0,0295784 e^{2n\lambda\varepsilon} = 0,$$

ou encore :

$$\sin(\varepsilon - 23'34'',40) - e^{2n\lambda\varepsilon} \sin(1^\circ41'41'',87) = 0.$$

Une valeur approchée de  $\varepsilon$  est donc :

$$\begin{aligned} \varepsilon - 23'34'',40 &= 1^\circ41'41'',87 \\ \varepsilon &= 2^\circ5'16'',27 \end{aligned}$$

et, substituée dans le premier membre, elle donne évidemment le signe  $-$ . Au contraire, la valeur

$$\varepsilon = 2^\circ6'$$

donne le signe  $+$ , car on obtient :

$$\begin{aligned} \log \sin(\varepsilon - 23'34'',40) &= \bar{2},4740749, \\ \log(0,0295784 e^{2n\lambda\varepsilon}) &= \bar{2},4709747. \end{aligned}$$

La racine  $\varepsilon$  est donc comprise entre

$$2^\circ5'16'',27 \text{ et } 2^\circ6'.$$

Nous adopterons la valeur

$$\varepsilon = 2^\circ6'$$

qui donne :

$$\beta = 357^\circ54'.$$

Le maximum de  $N$  est alors :

$$N = p \left( \frac{7 \sin \varepsilon}{6n\lambda} + \cos \varepsilon \right),$$

c'est-à-dire :

$$N = 812^{\text{kg}},38,$$

car on a :

$$\sin(2^\circ6') = 0,03664, \quad \cos(2^\circ6') = 0,99933.$$

Les valeurs de la réaction normale au point  $A_0$  et au sommet  $S$  sont d'ailleurs :

$$N = p + \frac{2V_0^2}{3ng^2},$$

$$N = -p + \frac{2V^2}{3ng^2},$$

qui donnent respectivement :

$$N = 853^{\text{kg}},64, \quad N = 363^{\text{kg}},60.$$

Les valeurs principales de N sont donc les suivantes :

Sur AA <sub>1</sub> . . . . .	N = 91 <sup>kg</sup> ,13
Au point A <sub>1</sub> . . . . .	N = 91 <sup>kg</sup> ,13 et N = 836 <sup>kg</sup> ,10
— w . . . . .	N = 854 <sup>kg</sup> ,08
— A <sub>0</sub> . . . . .	N = 853 <sup>kg</sup> ,64
— S . . . . .	N = 363 <sup>kg</sup> ,60
— α . . . . .	N = 358 <sup>kg</sup> ,14
— β . . . . .	N = 812 <sup>kg</sup> ,38
— A' <sub>0</sub> . . . . .	N = 808 <sup>kg</sup> ,13 et N = 100 <sup>kg</sup>
Sur A' <sub>0</sub> H . . . . .	N = 100 <sup>kg</sup> .

*Calcul de la variation de T.* — Au départ du disque en A, la réaction tangentielle a pour valeur :

$$T = -\frac{P}{3} \sin i = -13^{\text{kg}},73.$$

Puis T décroît en valeur absolue, c'est-à-dire croît, et au point A<sub>1</sub> on a :

$$T = -\frac{P}{3} \sin i + \frac{\lambda V_i^2}{3g^2} = -\frac{P}{3} \sin i e^{-\frac{4\lambda}{3pg}D} = -11^{\text{kg}},49.$$

Comme *m* est moindre que  $\frac{1}{4n^2\lambda^2}$ , T continue à croître jusqu'au point A<sub>0</sub>, où il prend la valeur positive

$$T = \frac{\lambda V_0^2}{3g^2} = 2^{\text{kg}},26;$$

T s'est en effet annulé au point  $u = w_0$ , où la vitesse V est maximum. En raison toujours de ce que *m* est inférieur à  $\frac{1}{4n^2\lambda^2}$ , T augmente encore au delà du point A<sub>0</sub>, ainsi qu'on l'a vu au n° 6, et, en un point  $u = \beta$ , précédant le point B, T atteint un maximum. Mais, étant donné que *m* est moindre que  $\frac{e^{4n\lambda\pi}}{4n^2\lambda^2}$ , T ne

diminue ensuite que jusqu'en un point  $u = \alpha_1$ , où il est minimum, et, comme  $m$  est inférieur à  $\frac{e^{3n\lambda\pi}}{2n\lambda}$ , ce minimum est négatif et le point  $\alpha_1$  compris entre S et B', T s'annule aux deux points  $\alpha_0$  et  $\beta_0$  de minimum et de maximum de la vitesse V. Au delà du point  $\alpha_1$ , T croît jusqu'à sa valeur positive en A'

$$T = \frac{\lambda V_0^2}{3g^2} = 2^{kg, 12}.$$

Enfin, à partir du point A', la réaction T décroît sur A'H, de sorte que sa valeur en A' est un second maximum.

Nous sommes dans le cas de la figure 1 du n° 23, où le coefficient angulaire de la tangente à la courbe donne la variation de T : cette courbe a trois points  $w_0, \alpha_0, \beta_0$  où la tangente est horizontale (tension nulle) et trois points d'inflexion  $\beta_1, \alpha_1$  et A' (tension maximum ou minimum).

Il reste à calculer le minimum et le premier maximum de T. Pour cela, j'utiliserai encore l'angle de 41' 18" dont la tangente est  $2n\lambda$ .

Calculons d'abord le maximum. L'angle  $\beta_1$  est l'angle aigu qui satisfait à l'équation

$$4n^2\lambda^2 m e^{-2n\lambda u} + 2n\lambda \sin u - \cos u = 0,$$

qui s'écrit :

$$e^{2n\lambda u} \cos(u + 41' 18'') - 0,000 6696 = 0$$

ou encore :

$$e^{2n\lambda u} \cos(u + 41' 18'') - \cos(89^\circ 57' 42'') = 0.$$

Une valeur approchée de  $u$  est donc :

$$\begin{aligned} u + 41' 18'' &= 89^\circ 57' 42'', \\ u &= 89^\circ 16' 24'', \end{aligned}$$

et, substituée dans le premier membre, elle donne évidemment le signe +. Au contraire, la valeur

$$u = 89^\circ 17'$$

donne le signe —, car on obtient :

$$e^{2n\lambda u} \cos(u + 41' 18'') = 0,000 5038.$$

La racine  $\beta_1$  est donc comprise entre  $89^\circ 16' 24''$  et  $89^\circ 17'$ . Nous adopterons la valeur

$$\beta_1 = 89^\circ 16' 24''.$$

Le maximum de T est alors :

$$T = \frac{P}{6n\lambda} \cos \beta_1,$$

c'est-à-dire :

$$T = 35^{\text{kg}}, 22,$$

car on a :

$$\cos(89^\circ 16' 24'') = 0,01268.$$

Calculons maintenant le minimum. Si l'on pose  $\alpha_1 = 180^\circ + y$ , l'angle  $y$  appartient au 1<sup>er</sup> quadrant et est donné par l'équation

$$4n^2\lambda^2 m e^{-2n\lambda\pi} e^{-2n\lambda y} - 2n\lambda \sin y + \cos y = 0,$$

qui s'écrit :

$$e^{2n\lambda y} \cos(y + 41' 18'') + 0,0006450 = 0,$$

ou encore :

$$e^{2n\lambda y} \cos(179^\circ 18' 42'' - y) - 0,0006450 = 0,$$

ou enfin :

$$e^{2n\lambda y} \cos(179^\circ 18' 42'' - y) - \cos(89^\circ 57' 47'') = 0.$$

Une valeur approchée de  $y$  est donc :

$$\begin{aligned} 179^\circ 18' 42'' - y &= 89^\circ 57' 47'', \\ y &= 89^\circ 20' 55'' \end{aligned}$$

et, substituée dans le premier membre, elle donne évidemment le signe +. Au contraire, la valeur

$$y = 89^\circ 20'$$

donne le signe —, car on obtient :

$$e^{2n\lambda y} \cos(179^\circ 18' 42'' - y) = 0,0003853.$$

La racine  $y$  est donc comprise entre  $89^\circ 20'$  et  $89^\circ 20' 55''$ . J'adopterai la valeur

$$y = 89^\circ 20',$$

qui donne :

$$\alpha_1 = 269^\circ 20'.$$

Le minimum de T est alors :

$$T = -\frac{p}{6n\lambda} \cos y,$$

c'est-à-dire :

$$T = -32^{\text{kg}}, 33,$$

car on a :

$$\cos (89^\circ 20') = 0,01164.$$

Les valeurs de T aux points B et B' sont d'ailleurs respectivement

$$T = \frac{p}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} (2n\lambda m e^{-n\lambda\pi} + 1) = 35^{\text{kg}}, 15,$$

$$T = \frac{p}{3(4n^2\lambda^2 + 1)} (2n\lambda m e^{-3n\lambda\pi} - 1) = -31^{\text{kg}}, 57.$$

Quant à la valeur de T au sommet S, elle est :

$$T = \frac{\lambda V^2}{3g^2} = 1^{\text{kg}}, 39.$$

Les valeurs principales de T sont donc les suivantes :

Au point A . . . . .	T = - 13 <sup>kg</sup> , 73
— A <sub>1</sub> . . . . .	T = - 11 <sup>kg</sup> , 49
— w <sub>0</sub> . . . . .	T = 0
— A <sub>0</sub> . . . . .	T = 2 <sup>kg</sup> , 26
— β <sub>1</sub> . . . . .	T = 35 <sup>kg</sup> , 22
— B . . . . .	T = 35 <sup>kg</sup> , 15
— S . . . . .	T = 1 <sup>kg</sup> , 39
— α <sub>0</sub> . . . . .	T = 0
— α <sub>1</sub> . . . . .	T = - 32 <sup>kg</sup> , 33
— B' . . . . .	T = - 31 <sup>kg</sup> , 57
— β <sub>0</sub> . . . . .	T = 0
— A' <sub>0</sub> . . . . .	T = 2 <sup>kg</sup> , 12.

On peut retrouver, en partant des valeurs numériques de N et de T que nous venons d'obtenir, la condition unique qui a été trouvée plus haut pour le roulement du disque. Nous avons vu en effet que, pour qu'il roule sur la piste tout entière, il faut et il



suffit que  $f$  soit supérieur à  $\frac{7\sqrt{15}}{180}$  et que  $fN - |T|$  soit constamment positif sur la circonférence. Or, je dis que, si la première condition est satisfaite, il en sera de même de la seconde. Effectivement, la plus petite valeur de  $N$  étant 358,14 et la plus grande valeur de  $|T|$  étant 35,22,  $fN - |T|$  a en tout point du cercle une valeur supérieure à  $f \times 358,14 - 35,22$ . Si donc  $f$  surpasse  $\frac{7\sqrt{15}}{180}$ , auquel cas  $f$  surpasse 0,1, comme la différence précédente est alors positive, il en sera de même de  $fN - |T|$ , pour toute valeur de  $u$  appartenant à l'intervalle  $(0, 2\pi)$ . Par conséquent, l'unique condition de roulement est bien :

$$f > \frac{7\sqrt{15}}{180}.$$

*Calcul de la durée  $\Theta$  du trajet.* — Calculons d'abord le temps  $t_1$  que met le disque à descendre le plan incliné  $AA_1$ . Il est donné par la formule (46). Or, on a vu que l'on a :

$$1 - e^{-\frac{4\lambda}{3pg}D} = 0,16299.$$

On en déduit sans peine que le logarithme népérien qui figure dans la formule a pour valeur :

$$0,3718303 \times \frac{1}{M} = 0,85617.$$

D'autre part,  $\lambda \sin i$  étant égal au produit de 3,85 par  $\frac{7}{17}$ , on a :

$$\frac{p}{\lambda \sin i} = \frac{1700}{26,95},$$

et par suite :

$$\sqrt{\frac{p}{\lambda \sin i}} = 7,9423.$$

On en conclut :

$$t_1 = \frac{3}{4} \times 7,9423 \times 0,85617 = 5^s, 10.$$

Calculons maintenant la durée  $t_2$  de la descente sur l'arc  $A_1A_0$ .

C'est la formule (47) qui va la donner. Elle représente l'aire comprise entre la courbe

$$y = \frac{R - r}{V},$$

l'axe des  $u$  et les deux ordonnées  $u = 0$ ,  $u = i$ . Nous en aurons une valeur très approchée en la divisant en deux trapèzes à l'aide de l'ordonnée  $u = w_0$  et faisant la somme de leurs aires. Or, si l'on se reporte aux valeurs numériques de la vitesse aux points  $u = 0$ ,  $u = w_0$ ,  $u = i$ , on obtient pour les bases de ces trapèzes :

$$y_0 = \frac{230}{1302} = 0,1767,$$

$$y_{w_0} = \frac{230}{1303} = 0,1765,$$

$$y_i = \frac{230}{1295} = 0,1776,$$

et par suite :

$$\frac{y_0 + y_{w_0}}{2} = 0,1766, \quad \frac{y_{w_0} + y_i}{2} = 0,1771.$$

On a d'ailleurs :

$$w_0 = 0,0679,$$

$$i - w_0 = 0,3565.$$

On en conclut :

$$\frac{y_0 + y_{w_0}}{2} \times w_0 = 0,0120,$$

$$\frac{y_{w_0} + y_i}{2} (i - w_0) = 0,0631,$$

et par conséquent :

$$t_2 = 0^s,08.$$

Cherchons enfin le temps  $t_3$  que met le disque à parcourir la circonférence. La formule (48) montre qu'il est représenté par l'aire comprise entre la courbe

$$y = \frac{R - r}{V},$$

l'axe des  $u$  et les deux ordonnées  $u = 0$ ,  $u = 2\pi$ . Pour l'évaluer, je partagerai cette aire en six trapèzes, à l'aide des ordonnées

$u = \frac{\pi}{2}$ ,  $u = \pi$ ,  $u = \alpha_0$ ,  $u = \frac{3\pi}{2}$ ,  $u = \beta_0$ , et je ferai la somme de leurs aires. Or, si l'on se reporte aux valeurs de  $V$  aux points  $A_0, B, S, \alpha_0, B', \beta_0, A'$ , on obtient pour les bases des trapèzes :

$$\begin{aligned} y_0 &= \frac{230}{1302} = 0,1767, & y_1 &= \frac{230}{1169} = 0,1967, \\ y_2 &= \frac{230}{1021} = 0,2253, & y_3 &= \frac{230}{1019} = 0,2257, \\ y_4 &= \frac{230}{1150} = 0,2000, & y_5 &= \frac{230}{1264} = 0,1820, \\ & & y_6 &= \frac{230}{1262} = 0,1823, \end{aligned}$$

et par suite :

$$\begin{aligned} \frac{y_0 + y_1}{2} &= 0,1867, & \frac{y_1 + y_2}{2} &= 0,2110, \\ \frac{y_2 + y_3}{2} &= 0,2255, & \frac{y_3 + y_4}{2} &= 0,21285, \\ \frac{y_4 + y_5}{2} &= 0,1910, & \frac{y_5 + y_6}{2} &= 0,18215. \end{aligned}$$

On a d'ailleurs pour les hauteurs

$$\begin{aligned} x_1 - x_0 &= x_2 - x_1 = \frac{\pi}{2} = 1,5708, \\ x_3 - x_2 &= \alpha_0 - \pi = 0,0416, \\ x_4 - x_3 &= \frac{3\pi}{2} - \alpha_0 = 1,5292, \\ x_5 - x_4 &= \beta_0 - \frac{3\pi}{2} = 1,5068, \\ x_6 - x_5 &= 2\pi - \beta_0 = 0,0640. \end{aligned}$$

On en conclut :

$$\begin{aligned} \frac{y_0 + y_1}{2} (x_1 - x_0) + \frac{y_1 + y_2}{2} (x_2 - x_1) &= 0,6247, \\ \frac{y_2 + y_3}{2} (x_3 - x_2) &= 0,0094, \\ \frac{y_3 + y_4}{2} (x_4 - x_3) &= 0,3255, \\ \frac{y_4 + y_5}{2} (x_5 - x_4) &= 0,2878, \end{aligned}$$

$$\frac{y_5 + y_6}{2} (x_6 - x_3) = 0,0117,$$

et par conséquent, en ajoutant

$$t_3 = 1^s,26.$$

Ayant maintenant les valeurs de  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$ , en les additionnant, on obtient la durée  $\Theta$  du trajet total :

$$\Theta = 5^s,10 + 0^s,08 + 1^s,26 = 6^s,44.$$

Il est intéressant de comparer cette durée à ce qu'elle serait si la résistance du milieu n'existait pas.

Observons avant tout que, si nous supposons  $\lambda$  nul, le même disque boucle encore la même boucle et avec le même coefficient de frottement. C'est en effet la formule (49) qui donne ici  $m$  et, à cause de (35), elle s'écrit :

$$m = \frac{V_1^2}{2np g^2} - \cos i.$$

Or, on a :

$$V_1^2 = \frac{4}{3} g \sin i D = 183,12,$$

D'où :

$$m = 5,1866.$$

On reconnaît alors aisément que  $\frac{\operatorname{tg} i}{3}$  est supérieur à  $\frac{1}{\sqrt{16m^2 - 49}}$  et que les conditions fixées à la fin du n° 21 se trouvent être remplies pour les valeurs numériques attribuées déjà à  $R$ ,  $i$ ,  $D$ ,  $r$ ,  $p$  et  $f$ .

Cela étant, les formules (51) font connaître  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$ . La première donne :

$$t_1 = \sqrt{\frac{34 \times 17}{3,27 \times 7}} = 170 \sqrt{\frac{2}{2289}} = 5^s,03.$$

Les deux autres donneront  $t_2$  et  $t_3$ , car on obtient facilement :

$$\varepsilon = \frac{1}{m} = 0,1928,$$

$$\sqrt{\frac{np}{2m}} = 0,123,$$

$$\begin{aligned} \varepsilon^2 &= 0,0372, \\ \varepsilon^3 &= 0,0072, \\ \varepsilon^4 &= 0,0014, \\ \varepsilon^5 &= 0,0003, \\ &\dots\dots\dots \end{aligned}$$

La première formule (50) donnant :

$$C_0 = 1,0071,$$

nous trouvons ainsi :

$$t_3 = 3\pi C_0 \times 0,123 = 1,159 C_0,$$

ou :

$$t_3 = 1^s,17.$$

Mais, pour calculer  $t_2$ , on peut calculer plus rapidement que par l'emploi de la formule (51). En effet, comme on a :

$$t_2 = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{np}{2m}} \int_0^i \frac{du}{\sqrt{1 + \varepsilon \cos u}},$$

on voit que  $t_2$  est compris entre les deux quantités

$$\frac{3}{2} \sqrt{\frac{np}{2m}} \frac{i}{\sqrt{1 + \varepsilon}}, \quad \frac{3}{2} \sqrt{\frac{np}{2m}} \frac{i}{\sqrt{1 + \varepsilon \cos i}}.$$

Or, la première a pour valeur :

$$0,184 \times 0,389 = 0,0716,$$

et la seconde :

$$0,184 \times 0,391 = 0,0719.$$

On peut donc adopter :

$$t_2 = 0^s,07.$$

La valeur de  $t_3$  peut d'ailleurs s'obtenir comme plus haut par la méthode des trapèzes. Décomposons l'aire de la courbe

$$y = \frac{2,30}{V}$$

en quatre trapèzes, répondant aux quatre quadrants de la circonférence. Ces trapèzes sont deux à deux équivalents et ont pour hauteur commune

$$\frac{\pi}{2} = 1,5708.$$

Or, si l'on calcule les valeurs de  $V$  aux points  $A_0$ ,  $B$ ,  $S$ ,  $B'$ ,  $A'_0$ , on trouve :

$$\begin{aligned} V &= 13^m,63 \text{ pour } A_0 \text{ et } A'_0 \\ V &= 12^m,48 \text{ pour } B \text{ et } B' \\ V &= 11^m,21 \text{ pour } S. \end{aligned}$$

Les longueurs des bases sont donc :

$$\frac{230}{1363} = 0,1687, \quad \frac{230}{1248} = 0,1843, \quad \frac{230}{1121} = 0,2052,$$

pour les deux premiers trapèzes, de sorte que leurs aires ont pour valeurs :

$$0,2772, \quad 0,3059.$$

En les ajoutant, puis doublant, on a l'aire totale de la courbe

$$t_3 = 1,1662,$$

soit encore :

$$t_3 = 1^s,17,$$

comme par le premier procédé.

La durée du trajet entier du disque est par conséquent ici :

$$5^s,03 + 0^s,07 + 1^s,17 = 6^s,27,$$

au lieu de  $6^s,44$  qu'elle était lorsqu'on tenait compte de la résistance  $\frac{\lambda}{g^2} V^2$  appliquée au centre du disque. Cette résistance a donc pour effet d'augmenter de  $0^s,17$  la durée  $\Theta$ .

#### NOTE

Si  $k$ ,  $m$ ,  $n$  sont des nombres positifs et non nuls, on a toujours la double inégalité

$$(1) \quad k(mk^2 + n) < k\sqrt{m^2k^2 + n^2} e^{k\theta} < (mk^2 + n) e^{\frac{k\pi}{2}},$$

$\theta$  désignant l'angle compris entre 0 et  $\frac{\pi}{2}$  dont la tangente est :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{m}{n} k.$$

Pour le prouver, j'introduis partout  $\theta$  au lieu de  $k$ . Il s'agit alors de démontrer les deux inégalités

$$m \cos^2 \theta + n \sin^2 \theta < m \cos \theta e^{\frac{m}{n} \theta \operatorname{tg} \theta},$$

$$n \sin \theta < (m \cos^2 \theta + n \sin^2 \theta) e^{\frac{n}{m} \left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \operatorname{tg} \theta}.$$

Comme elles le seront *a fortiori*, si l'on établit celles qui s'en déduisent en remplaçant les exponentielles par les deux premiers termes de leurs développements, il suffit de prouver que l'on a

$$(2) \quad \cos^2 \theta + p \sin^2 \theta < \cos \theta + p \theta \sin \theta,$$

$$(3) \quad p \cos \theta' < (\sin^2 \theta' + p \cos^2 \theta') (1 + p \theta' \cotg \theta'),$$

$p$  désignant le rapport  $\frac{n}{m}$  et  $\theta'$  le complément de l'angle  $\theta$ .

Or, l'inégalité (2) est évidente, chaque terme du premier membre étant manifestement moindre que le terme correspondant du second. Quant à l'inégalité (3), elle résulte de l'inégalité bien visible

$$1 < \cos \theta' + \sin^2 \theta'.$$

Celle-ci montre en effet que  $p \cos \theta'$  est inférieur à

$$p \cos^2 \theta' + p \sin^2 \theta' \cos \theta';$$

on a donc à plus forte raison

$$p \cos \theta' < (\sin^2 \theta' + p \cos^2 \theta') (1 + p \cos \theta'),$$

et, *a fortiori* encore, l'inégalité (3), puisque  $\theta' \cotg \theta'$  est supérieur à  $\cos \theta'$ .

La double inégalité (1) a par conséquent lieu quelles que soient les valeurs positives des quantités  $k$ ,  $m$  et  $n$ .

*Séance du 1<sup>er</sup> mars 1904.*

**Météorologie rétrospective. Nancy, 1854-1903.**

La courbe de la marche annuelle moyenne de la température s'écarte notablement de la sinusoïde qui traduirait la variation du pouvoir calorifique du soleil en relation avec sa déclinaison.

Notre éminent confrère, M. Millot, l'a mis en relief dans une communication intéressante et documentée, publiée dans le *Bulletin de la Société des Sciences* sous le titre de « Marche annuelle normale de la température de l'air à Nancy <sup>1</sup>. »

Il est, dans le calendrier, des jours destinés à être froids, d'autres à être chauds, comme, d'après une étude du même auteur sur la « Répartition de la pluie et des orages <sup>2</sup> », il en est où il doit pleuvoir et d'autres où il doit faire beau temps, sauf exception, bien entendu.

Certaines périodes, telles que celles des « Saints de glace » (du 10 au 13 mai), et celle qui suit d'ordinaire la Saint-Médard (8 juin), produisent dans la courbe des indentations caractéristiques, qui correspondent aux phénomènes météorologiques rappelés dans les dictons populaires.

Ces indentations s'atténuent lorsque, au lieu de descendre dans le détail des jours, on considère la moyenne d'une suite de jours, de cinq jours par exemple, comme certains météorologistes italiens qui ont imaginé de diviser l'année en 73 *pentades*; elles disparaissent complètement, si l'on comprend dans chaque moyenne la durée d'un mois, groupement communément adopté, bien que cette durée soit peut-être un peu longue pour donner une idée exacte et complète de la marche de la température.

La ligne brisée obtenue en portant les températures mensuelles normales comme ordonnées sur des abscisses égales entre elles et correspondant aux douze mois du calendrier traduit, tant bien que mal, pour l'année moyenne, cette marche ascendante et descendante.

Si l'on veut mettre en regard les deux éléments principaux du

1. Tome XII, fascicule XXVII, page 1.

2. *Ibid.*, p. 11.



climat, on peut figurer, au-dessus des températures et sur les mêmes lignes mensuelles, les chutes d'eau normales, et ceci en mesurant leur hauteur, non pas, comme d'usage, à partir du bas, mais à partir d'une ligne horizontale supérieure servant de zéro. Les précipitations atmosphériques prennent alors l'aspect d'une série de douches tombant parallèlement du ciel.

Pour inusité qu'il soit, ce procédé est expressif et commode. Il est surtout avantageux pour la représentation graphique, non plus de l'année moyenne, mais d'une suite d'années considérées une à une.

La figure représentant l'année moyenne est dyssymétrique par rapport à l'axe passant par le point culminant, c'est-à-dire par l'ordonnée de juillet, le mois le plus chaud<sup>1</sup>. La seconde partie est sensiblement plus chaude que la première. La disparité s'accroîtrait et arriverait à une proportion voisine de 5 à 7, si l'on comparait la somme de chaleur des six premiers mois du calendrier à celle des six derniers, au lieu de faire la coupure sur une ligne qui, en réalité, correspond au milieu, et non pas au commencement, du mois maximum, détachant ainsi une première

1. *Températures et hauteurs normales de pluie à Nancy, d'après la moyenne des années 1841-1890.*

Mois.	Température.	Chutes d'eau.
Janvier . . . . .	0°50	53 <sup>mm</sup> ,17
Février . . . . .	2 18	47 ,88
Mars . . . . .	4 63	54 ,63
Avril . . . . .	9 32	61 ,75
Mai . . . . .	13 10	66 ,16
Juin . . . . .	16 79	78 ,08
Juillet . . . . .	18 38	83 ,28
Août . . . . .	17 69	68 ,03
Septembre . . . . .	14 28	59 ,82
Octobre . . . . .	9 09	81 ,22
Novembre . . . . .	4 48	74 ,40
Décembre . . . . .	1 19	61 ,49
Année . . . . .	9°30	789 <sup>mm</sup> ,91

Ces chiffres sont empruntés à l'étude de M. Ch. Millot, « Températures normales et quantités normales de pluie à Nancy », insérée au *Bulletin de la Commission météorologique de Meurthe-et-Moselle*. Nancy, 1891.

A l'aide de ces chiffres, il est aisé de construire le graphique de l'année moyenne à Nancy. En l'établissant sur calque à l'échelle adoptée pour la série 1854-1903, on peut avantageusement s'en servir, par superposition, comme terme de comparaison; pour la facilité, il est conseillé de faire passer un pointillé par les extrémités inférieures des lignes qui représentent les chutes d'eau mensuelles moyennes.

Les données numériques mises en œuvre ont été puisées dans la même étude et dans la suite du même bulletin.

deuxième demi-année du 16 janvier au 15 juillet, et une seconde du 16 juillet au 15 janvier.

Il n'y a pas lieu de discuter ici les causes, très connues, d'une dyssymétrie qu'il n'était pas inutile de signaler au passage.

Une année météorologique quelconque, représentée par les mêmes procédés, donne une figure plus ou moins éloignée de l'année normale et qui, la plupart du temps, n'en rappelle que de loin la forme générale.

Si l'on étend cette représentation à une série d'années, encore moins en découvre-t-on qui soient semblables entre elles. Le maximum et le minimum de la température se déplacent, les moyennes mensuelles diffèrent, et les chutes d'eau plus encore. Sur le total des précipitations atmosphériques d'une année, des différences de 25 ou de 30 p. 100 avec la chute d'eau normale ne sont pas inouïes. Il arrive aussi qu'un mois tout entier soit privé d'eau, ou que la chute s'élève à tout près du triple de la normale du mois (214 millimètres, contre 78, en juin 1886).

A toute première vue, on remarque que les hivers sont bien plus dissemblables que les étés. Quelquefois ils se présentent, comme l'hiver normal, à la façon d'une coupure plus ou moins profonde séparant deux sommets voisins. D'autres fois, c'est une rigole à fond plat, un cañon, pour employer une expression moins prosaïque, lorsque deux mois également froids viennent à se succéder, ainsi qu'il en a été en décembre 1865-janvier 1866, et en janvier-février 1896.

Très fréquemment, le pied des pentes offre des ressauts, des ruptures, et tel a été le cas pour 17 des 51 hivers qui encadrent les cinquante années 1854 à 1903, soit exactement le tiers. Le plus accidenté de tous est l'hiver 1868-1869.

Les étés sont moins tourmentés sans doute. Leurs formes ne sont toutefois régulières qu'exceptionnellement. Certains d'entre eux (1870, 1881, 1887 et 1901) présentent celle d'un beau pic, s'élevant d'une venue à son point culminant, situé sur l'ordonnée de juillet.

Sur les cinquante étés, 29 ont, comme il est normal, leur maximum en juillet, 15 en août, et 6 seulement en juin.

Les six maximums de l'année survenus en juin sont en excès sur la normale du mois, et même sur celle de juillet; trois d'entre

eux (1858, 1888 et 1889) sont suivis de mois de juillet et d'août inférieurs à la normale, et appartiennent à des années froides; un quatrième, juin 1866, est suivi d'un juillet chaud, mais d'un août froid et pluvieux, et dépend d'une année exceptionnellement arrosée; un cinquième, juin 1877, appartient encore à une année franchement humide; les mois de juillet et d'août de la sixième de ces années (1897), bien que supérieurs à leurs normales respectives, ont reçu un notable excès d'eau.

On doit donc voir, dans le déplacement vers l'avant du maximum de l'année, un fait exceptionnel, et se rattachant le plus ordinairement à une saison défavorable.

On n'en saurait dire autant, d'une façon générale tout au moins, du déplacement du maximum dans le sens opposé, c'est-à-dire jusqu'au mois d'août, terme qui ne semble pas devoir être dépassé.

Sur quinze maximums annuels observés en août, trois sont inférieurs à la normale du mois: 1860, année très froide, la plus froide de la série; 1861, été froid, et 1883, année où une chute d'eau double environ de la normale a abaissé de tout près d'un degré la température de juillet.

Six autres de ces déplacements, en 1856, 1863, 1875, 1879, 1890 et 1893, se rattachent encore à un mois de juillet plus ou moins inférieur à la normale, août étant supérieur à la sienne propre.

Pour six enfin, il s'agit d'étés chauds (1855, 1867, 1878, 1892, 1893 et 1899), dans lesquels la température de juillet, supérieure à la normale de ce mois, a été dépassée par celle du mois suivant.

Les déplacements du minimum hivernal sont beaucoup plus nombreux, en raison de la fréquente irrégularité de cette saison; ils sont aussi plus étendus. Sur les 51 hivers relevés, 23 seulement ont leur minimum à sa place normale, et encore, pour deux d'entre eux, décembre ou février s'abaissent-ils jusqu'à l'égalité avec janvier.

Les 28 autres minimums tombent: 1 en novembre; 13 en décembre; 12 en février et 2 en mars.

Le minimum observé en novembre 1858 a été le début d'un hiver inférieur, dans son ensemble, à la température normale.

Les minimums observés en décembre ne semblent pas comporter d'observations. Entre les deux mois les plus froids de l'hiver, et dont les normales diffèrent de si peu (moins de 0°,7), il est na-

tuel que des interversions soient fréquentes. Il est sans importance, d'ailleurs, que le minimum soit déplacé en une saison où la végétation est complètement inactive.

Un minimum se plaçant en février peut avoir des conséquences sensibles, surtout s'il est bas, et s'il est accompagné de fortes chutes de neige. Il est alors à craindre qu'il n'en résulte un dégel tardif et s'effectuant sous une insolation déjà prononcée, fait préjudiciable à la végétation. On ne saurait toutefois rien en augurer relativement à la température des mois qui suivent : février 1860 et février 1865 ont marqué le minimum de deux années aussi différentes qu'il est possible.

Les minimums tardifs survenus en mars 1877 (+ 3°,62) et en mars 1883 (+ 1°,58) ont fait suite à des hivers dissemblables, et se trouvent avoir précédé des étés analogues. Ils n'ont évidemment pas plus réagi sur la vie physiologique que d'autres froids tardifs, que des périodes d'aussi basse température qui, en même saison, ne se sont pas trouvées déterminer le minimum : tel mars 1887 (+ 2°,01) prolongeant au delà des limites habituelles un hiver rigoureux.

Dans le langage vulgaire, au moindre retour de froid succédant à une période de temps doux, ou réciproquement, on dit volontiers que « les saisons sont renversées » ou que « la température marche à rebours ».

Pour que les moyennes mensuelles accusent un de ces retours en sens inverse de la marche normale, pour que la représentation graphique les marque par une rupture, il faut qu'ils aient une certaine intensité et une certaine durée.

En fait, les hivers étant, comme il a été dit plus haut, d'allure moins régulière que les étés, et les moyennes de novembre à mars inclus ne différant pas de sensiblement plus de 4°, les ressauts, les ruptures dans l'allure de la courbe, s'y rencontrent plus fréquemment.

L'examen des cinquante années considérées révèle, tout à fait indépendamment des déplacements du maximum et du minimum, 32 ruptures de ce genre : 8 pour janvier seul, ce mois devenant supérieur à décembre et à février, et 5 pour février, plus chaud alors que janvier et que mars ; une fois (1903) avril est inférieur à mars, et mai l'est trois fois (1866, 1894, 1902) à avril ; quatre

fois juin est plus froid que mai et que juillet; deux fois c'est juillet qui fléchit — profondément en 1879, légèrement en 1888 — entre juin et août; en 1858, juillet et août tombent tous les deux au-dessous de juin et de septembre; en 1865, au cours d'un été exceptionnellement chaud, juillet et septembre dépassent août; en 1831, c'est novembre qui déborde octobre; cinq fois décembre est supérieur à novembre et à janvier; une fois enfin, en 1876-1877, les trois mois consécutifs de décembre, de janvier et de février forment un plateau qui, en plein hiver, domine novembre et mars.

Il est naturel que les ruptures soient rares dans les périodes au cours desquelles il se produit normalement une forte modification de la température. Une seule rupture en avril, aucune en octobre, ou du moins un mois d'octobre quelconque ne s'est-il jamais montré supérieur au mois de septembre qui l'avait précédé : la différence normale de septembre à octobre (5°,19) est la plus grande de l'année, la plus difficile donc à racheter.

Il ne faut pas croire toutefois que, nécessairement et de sa nature, la température moyenne d'octobre dépasse celle de septembre : octobre 1855 a atteint celle de 12°,60 et octobre 1875 celle de 12°,31, dépassant les mois de septembre 1887 (11°,55), 1861 (10°,99) et 1860 (10°,10). Mais les anomalies respectives de ces divers mois ne se sont pas manifestées dans le même millésime.

Plusieurs de ces retours en arrière ont exercé une action désastreuse sur les produits de la terre; bien d'autres encore sans doute ! en dehors même des simples gelées de printemps, mais la durée de ces retours a été insuffisante pour rompre l'allure de la courbe des moyennes mensuelles de l'année.

Par contre, il est indubitable que le mois de novembre sec et chaud de 1881, dépassant de 1°,68 le mois d'octobre, a sauvé les semailles d'automne faites dans de déplorables conditions : l'année 1882 a fourni l'une des plus belles, sinon la plus belle, des récoltes de blé dans notre département. Ainsi en a-t-il dû être d'autres fois encore.

La plupart des ruptures se rattachent à des anomalies dans la répartition des précipitations atmosphériques. La pluie réchauffe les mois d'hiver, elle refroidit les mois d'été; sur la température des mois de transition, tels que mars, octobre et novembre, elle produit des effets différents suivant la nature de la période en

cours au moment où elle intervient. Elle met fin à un régime du Nord-Est et fait monter le thermomètre, comme elle interrompt un printemps calme qui commence à se réchauffer, ou bien elle abrège les derniers beaux jours et marque la fin de l'été de la Saint-Martin, comme elle peut, tout aussi bien, retarder le début du régime des gelées.

Le contraste, d'un mois d'hiver à l'autre, entre un temps clair et un ciel brumeux ou couvert, est quelquefois aussi la cause d'une rupture de la courbe. Les brouillards interceptent le rayonnement nocturne, alors généralement prépondérant, tout aussi bien que la chaleur solaire, qui se fait déjà sentir en février et en mars.

Il est aussi des ruptures dont la cause est dans le régime des vents, tout à fait indépendamment des chutes d'eau. Les vents à composante Sud nous apportent près des 5/7 de la pluie que nous recevons, mais ils ne sont pas toujours pluvieux : 49 p. 100 même — la moitié donc — des jours où souffle le vent de Sud-Ouest sont sans pluie, souvent même beaux, si la dépression qui attire ce vent est faible ou éloignée.

Les antagonistes, c'est-à-dire les vents à composante Nord, qui refroidissent toujours la température — et qui sont les auteurs des ruptures de mai 1894 et de juin 1884 — amènent parfois aussi la pluie avec eux. Ils fournissent même le 1/8 de la chute d'eau annuelle.

Il serait assurément intéressant de relever l'action combinée de la température et de la pluie sur la végétation, et en particulier sur les diverses productions agricoles.

Ce serait là singulièrement sortir du cadre de simple introduction à l'examen de représentations graphiques où doivent demeurer ces lignes.

Les conditions météorologiques favorables ou défavorables ne sont d'ailleurs pas les mêmes, pour les fourrages, par exemple, pour les céréales et pour les vins.

Disons seulement qu'à ce point de vue l'énoncé de la température moyenne et celui de la chute d'eau totale d'une année ne sont pas, par eux-mêmes, caractéristiques. Dans cette moyenne et dans ce total rentrent en effet des mois d'hiver, dont l'action sur la végétation est à peu près nulle, à part certains dégâts relativement rares.

Le nombre des mois chauds, de ceux dont la température moyenne dépasse, par exemple, 15°, a déjà plus de valeur que le chiffre énonçant la température moyenne de l'année. Ce nombre de mois relativement chauds, qui est de trois pour l'année moyenne, peut tomber à zéro, comme en 1860, ou à un seulement, comme en 1861 ; il s'élève fréquemment à quatre ; il a même été cinq fois de cinq, en 1862, 1865, 1868, 1890 et en 1892.

Comparée aux lignes qui, au-dessus, traduisent les chutes d'eau correspondantes, la forme graphique d'une année quelconque, permet d'en apprécier les caractères météorologiques plus rapidement et plus aisément que des colonnes ou des alignements de chiffres. Elle en donne ainsi, et à première vue, la physionomie, si l'on peut s'exprimer de la sorte.

L'établissement des tableaux graphiques présentés a eu pour but de faciliter cette appréciation pour la suite des cinquante années qui y sont comprises.

---

### Séance du 15 avril 1904.

#### Faculté d'imbibition de la couverture morte du sol des forêts, par M. E. HENRY.

Le sol des forêts présente toujours à sa surface une couche plus ou moins épaisse de feuilles mortes et autres débris organiques tombant de la cime des arbres à l'automne et que les forestiers appellent la couverture morte. Son rôle est très important, aussi bien au point de vue chimique — c'est le seul engrais que reçoit la forêt — qu'au point de vue physique dont nous n'envisagerons ici qu'un seul côté, la *faculté d'imbibition*.

On appelle ainsi le taux maximum d'eau que la couverture morte peut retenir. Elle est alors *saturée*. Si elle reçoit un nouvel apport d'eau, elle le cède lentement, goutte à goutte, par déplacement progressif, au sol qui a le temps de l'absorber et de s'imbiber pleinement, même sur de fortes pentes.

La détermination de cette faculté d'imbibition a un grand intérêt. Une fois connue, si l'on sait, à l'aide de pluviomètres convenablement disposés, quelle est la quantité d'eau reçue par un versant boisé lors d'une période de grandes pluies, on pourra

calculer le volume d'eau de ruissellement qui gagnera le thalweg dans le cas de terrains imperméables ou, dans le cas contraire, le volume d'eau qui imbibera le sol ou filtrera dans le sous-sol; on pourra prédire s'il y aura crue ou non et quelle sera son intensité; on acquerra aussi des données sur l'approvisionnement des nappes souterraines en sol boisé.

Malgré l'importance du sujet, on a fait encore peu de recherches dans ce sens. Les seules que nous possédions avant celles de M. Calas nous venaient d'Allemagne. Après avoir rempli un volume déterminé de feuillage séché à l'air et aussi tassé que possible, on prenait le poids du vase ainsi rempli, on versait le feuillage dans un sac qu'on plongeait dans l'eau et, après deux jours d'imbibition, on retirait le sac de l'eau, le laissait s'égoutter et on remplissait de ce feuillage saturé le vase qui était pesé à nouveau.

Voici les moyennes obtenues en Bavière.

Un mètre cube de matière séchée à l'air absorbe :

	D'après les forestiers bavarois.	D'après Wollny.	
Feuilles de hêtre . . . . .	233	257	} p. 100 de son poids desséché à l'air.
Aiguilles d'épicéa . . . . .	150	161	
Aiguilles de pin sylvestre . . . . .	143	207	
Bruyère commune . . . . .	131	»	
Fougère impériale . . . . .	259	»	
Mousse . . . . .	282	257	
Paille de seigle . . . . .	274	304	

Ces nombres moyens n'ont rien d'absolu, l'absorption pouvant varier :

De 195 à 252 p. 100 pour le feuillage de hêtre ;

De 128 à 190 p. 100 pour les aiguilles d'épicéa ;

De 121 à 167 p. 100 pour celles de pin sylvestre ,

Et de 237 à 334 p. 100 pour la mousse, d'après les déterminations des forestiers bavarois, suivant le degré de décomposition.

On peut faire à ce procédé, simple et commode il est vrai, plusieurs objections. Tout d'abord il est clair qu'on ne se trouve plus du tout placé dans les conditions de la nature. On opère sur des feuilles bouleversées, rapprochées d'une manière fortuite et quelconque qui ne présentent plus les rapports naturels, le gisement, la stratification, les interstices, capillaires ou non, qu'elles avaient *in situ* et qui doivent influer sur l'imbibition.



En outre, on doit forcément laisser de côté dans le procédé suivi par les Allemands les débris les plus altérés, ceux qui sont presque à l'état d'humus, collés au sol, qu'on ne peut ratisser qu'incomplètement et qui ont justement le plus grand pouvoir absorbant.

Il semble bien préférable de déterminer la faculté d'imbibition de la couverture telle qu'elle existe sur le sol, sans altérer en rien les rapports de ses éléments. Les chiffres que l'on obtiendra seront l'expression de la réalité et ne donneront prise à aucune objection.

C'est M. Calas<sup>1</sup>, garde général des forêts à Prades, qui eut le premier l'idée de déterminer ce taux sans déranger la couverture. « En l'absence de chiffres pour le chêne, dit M. Calas, nous avons voulu nous livrer à des expériences à cet égard et nous avons trouvé des chiffres présentant des écarts considérables avec ceux des forestiers bavarois, centralisés par Ebermayer. Ainsi, d'après nous, le chêne absorberait neuf fois son poids, tandis que le hêtre et le pin absorberaient respectivement huit et cinq fois leur poids d'eau. Comme les chiffres cités par nous sont le résultat moyen d'expériences tentées à plusieurs reprises et que les écarts entre les chiffres obtenus ont été très faibles, nous avons tenu à nous rendre compte du motif de la grande différence existant entre nos chiffres et ceux d'Ebermayer. Nous croyons que l'explication peut être trouvée dans la façon différente de procéder..... Nous nous sommes attaché à prendre la couverture telle qu'elle existe sur le sol. Ayant ramassé *tout le volume possible* sur 1 mètre carré de terrain et l'ayant conservé dans le même état, nous lui avons fait absorber toute l'eau qu'il a pu retenir et l'avons ensuite pesé. Puis ayant laissé l'évaporation se produire à l'air libre, la couverture complètement séchée a été pesée une seconde fois. Nous avons trouvé alors les chiffres cités ci-dessus. Sans vouloir opposer nos expériences à celles d'Ebermayer, nous croyons cependant que, dans les conditions où elles ont été exécutées, elles méritent de fixer l'attention et qu'elles donnent, au moins pour la

---

1. Voir sa *Notice sur les travaux de restauration de terrains en montagne entrepris par l'administration forestière dans le bassin de la Têt*. Perpignan, 1892, p. 36. — Cet agent distingué, qui s'était déjà signalé par d'importants travaux et des publications fort intéressantes, est mort en 1901 à la fleur de l'âge, à la suite d'un accident d'automobile.

région des Pyrénées-Orientales, des renseignements utiles. Nous nous sommes, en effet, autant que possible maintenu dans les conditions de la nature et nous pensons que la couverture du sol devra encore fixer plus d'eau en place que dans les récipients où il nous a fallu la placer. »

Convaincu que le procédé employé par M. Calas est le meilleur, j'ai fait, dans le but de vérifier ses résultats et d'avoir quelques chiffres se rapportant aux forêts lorraines, quelques déterminations dont je viens rendre compte à la Société.

### 1. Aiguilles d'épicéa.

La première a trait à la couverture morte d'aiguilles d'épicéa qui, sous forme d'un tapis continu bien feutré de 2 centimètres environ d'épaisseur, recouvre le sol d'une plantation des environs de Nancy<sup>1</sup>. Ces épicéas ont une cinquantaine d'années et forment un massif serré.

En février 1904, toute la couverture, avec quelque peu de la terre sous-jacente, a été récoltée à l'aide d'une sorte de pelle à main à bord tranchant sur des carrés de 0<sup>m</sup>,50 sur 0<sup>m</sup>,50 en trois places voisines pour avoir à peu près la moyenne du peuplement. On prit toutes les précautions pour ne rien laisser de la couverture sur le sol et pour la transporter au laboratoire sans en déranger la moindre parcelle. Là elle fut plongée dans l'eau pendant plusieurs jours jusqu'à complète imbibition; après qu'on l'eut laissée s'égoutter, on la pesa saturée, puis on la dessécha à 100° pour la peser à nouveau.

100 grammes de couverture séchée à 100° ont absorbé :

1 <sup>er</sup> lot . . . . .	436 gr. d'eau.
2 <sup>e</sup> lot. . . . .	413 —
3 <sup>e</sup> lot. . . . .	396 —
Moyenne. . . . .	415 gr. d'eau.

Ainsi ce tapis d'aiguilles d'épicéa laissées *in situ* et comprenant des feuilles à tous les degrés de décomposition absorbe en moyenne

1. Plantation faite en partie par les élèves de l'École forestière, vers 1850, sur l'emplacement d'anciennes carrières, au-dessus du village de Dommartemont, près Nancy. Le sol est franchement calcaire; la terre qui se trouve immédiatement au-dessous de la couverture fait une vive effervescence avec les acides.

plus de quatre fois son poids d'eau (il s'agit du poids à 100°), tandis que par le procédé suivi en Allemagne on obtient un chiffre inférieur de plus de moitié, 172 p. 100 au lieu de 415. Et l'on ne peut nier que la quantité d'eau trouvée (415 grammes) ne soit bien réellement celle qu'absorberait la couverture, puisque celle-ci a été imbibée sur place.

J'ai repris une portion de cette couverture desséchée à 100° pour déterminer sa faculté d'imbibition par le procédé usité en Allemagne. Le sac renfermant les feuilles a été plongé dans l'eau pendant deux jours. On a obtenu le même résultat qu'en laissant la couverture en place.

100 grammes d'aiguilles à 100° ont absorbé 415 grammes d'eau.

L'altération des rapports réciproques des éléments de la couverture ne semble donc pas jouer un grand rôle, et l'explication des différences si importantes entre les chiffres allemands et ceux de M. Calas doit être cherchée ailleurs.

Pour voir dans quelle mesure influe sur l'imbibition de la couverture l'état de décomposition des feuilles, j'ai recueilli à part, dans la plantation de Dommartemont, le 2 avril 1904, les aiguilles superficielles, isolées, non feutrées par du mycélium et, aussi à part, le reste de la couverture composée de détritrus plus altérés cohérents en une sorte de feutre grâce aux filaments mycéliens qui les parcourent en tous sens.

Voici les résultats obtenus pour la faculté d'imbibition soit de la partie superficielle, soit de la couche inférieure de la couverture :

100 grammes d'aiguilles et ramilles superficielles desséchées à 100° absorbent 214 grammes d'eau<sup>1</sup>;

100 grammes de la couche inférieure de la couverture, formant plus des deux tiers de l'épaisseur totale, ont absorbé, dans un cas, 534 grammes d'eau et, sur un autre lot, 627 grammes d'eau, soit plus du double de ce que peut retenir la couverture superficielle.

Les différences constatées tiennent donc à ce que les forestiers allemands n'ont fait leurs déterminations que sur des aiguilles à peine décomposées.

1. Ebermayer donne le chiffre de 150,3 p. 100 (V. *Die Lehre der Waldstreu*. Berlin, 1876, p. 177), ce qui correspond à 177 p. 100 pour des aiguilles desséchées à 100°, nombre assez voisin de celui que j'ai obtenu.

*Structure de la couverture.* — Son épaisseur est d'environ 2 centimètres. La surface est couverte d'aiguilles libres non décomposées, présentant seulement quelques taches noires qui sont des fructifications d'ascomycètes saprophytes. Au-dessous de cette mince couche d'aiguilles nullement feutrée, vient une couche beaucoup plus épaisse formant au moins les  $\frac{4}{5}$  de l'ensemble, et dont les éléments (aiguilles, ramilles, écailles) sont réunis par des filaments mycéliens, quelquefois blancs, mais généralement bruns ou noirs et de calibre très variable; les uns (du type *Cladosporium*<sup>1</sup>) sont plus gros, à paroi épaisse et résistante, à cloisons nombreuses, présentant souvent des changements brusques de direction; les autres ont une épaisseur bien moindre avec paroi très mince. Tous ces hyphes s'entrelacent autour des aiguilles, les tissent pour ainsi dire et font de la couverture un feutre qui se soulève d'une pièce. Plus on se rapproche de la face inférieure, plus les éléments sont désorganisés, noirs, réduits en grumeaux, mais toujours réunis par des filaments du type *Cladosporium*. Au-dessous, sans transition, la terre ocreuse, assez compacte; *dépourvue de vers de terre*. A cette couverture d'aiguilles se mélangent par places, surtout sur les pierres affleurant le sol, des plaques de mousses (hypnacées).

A quelques pas de là se trouvent des points où le massif est moins dense, formé de feuillus, de buissons de hêtres, chênes; l'état superficiel du sol change brusquement; çà et là des touffes d'herbes, la couverture n'est formée que d'une couche très mince, non feutrée, de feuilles de chêne, hêtre et autres feuillus, où les mycéliums sont très rares; la superficie de la terre végétale, de même teinte que sous l'humus brut précédent, se montre en grumeaux séparés par des interstices où peuvent circuler facilement l'air, l'eau, les racines. On y voit *toujours* soit des vers de terre, soit leurs déjections, ainsi que des insectes, des myriapodes, des cloportes. A la surface s'entre-croisent et s'enracinent de nombreuses tiges rampantes de lierre, de pervenche, de fraisier, de ronce, et on voit germer les plantes qui vont former le tapis végétal de la saison. Le sol est beaucoup plus meuble que sous les deux centimètres de la couverture feutrée, serrée, d'aiguilles d'épicéa.

1. D'après divers auteurs, ces *Cladosporium* sont caractéristiques des humus bruts ou imparfaits (les *Rohhumus* des Allemands); on les rencontre dans toutes les sortes d'humus bruts.

*Poids de la couverture à l'hectare.* — Les déterminations du poids à l'hectare de la couverture totale sous les épicéas de Dom-martemont, faites dans trois places d'essai voisines, ont fourni les chiffres suivants : 28 760 kilogr., 27 272 kilogr. et 34 480 kilogr., soit en moyenne, par hectare, 30 170 kilogr. de couverture desséchée à 100°.

Ce chiffre énorme est plus que double de ceux qui ont été trouvés en Allemagne<sup>1</sup> et montre bien que la décomposition normale (*l'éremacausis*), celle qui donne l'humus doux, le terreau forestier, n'a plus lieu; c'est une décomposition plus lente, produisant de l'humus imparfait à réaction acide, qui intervient ici.

Étant donné que 100 kilogr. de cette couverture absorbent et retiennent 415 kilogr. d'eau, les 30 tonnes qui représentent son poids à l'hectare absorberaient 124 tonnes d'eau, soit une hauteur de pluie de 12,4 millimètres.

Mais la couverture supposée complètement desséchée à l'air contient encore environ 15 p. 100 d'eau, soit 18 675 kilogr. par hectare qui, retranchés de 124 500 donnent 105 825 kilogr. Telle est la quantité d'eau que peut retenir l'hectare de couverture desséchée à l'air libre autant que possible : ce chiffre correspond à une lame d'eau de 10,5 millimètres.

Comme il est prouvé que les massifs d'épicéa retiennent et évaporent sur leurs cimes environ la moitié de l'eau des pluies, il faudrait une série de pluies fournissant une lame d'eau de 21 millimètres, pour que le sol sous cette épaisse couverture de 2 centimètres commençât à s'humecter<sup>2</sup>. Le 2 avril, après une série de jours pluvieux, ce sol pris immédiatement au-dessous de la couverture contenait 24 p. 100 d'eau, tandis qu'à 50 mètres de là le sol nu du plateau, soumis à une forte évaporation cependant, en renfermait à la surface 26,4 p. 100. Dans une tranche de sol de 1 décimètre d'épaisseur il y avait donc à ce moment environ 24 tonnes d'eau en plus sur le plateau que dans la forêt par hectare.

Les épicéas possèdent au plus haut degré trois caractères qui en font les arbres les plus propres à l'assainissement des régions où l'eau se trouve en excès. Avec son couvert très épais, avec son aptitude à croître en massif très serré, avec son lacis de racines

1. Voir EBERMAYER (*loc. cit.*), p. 51.

2. A Nancy, la tranche pluviale est d'environ 3 décimètres pour la première moitié de l'année (hiver et printemps) et de 5 décimètres pour la seconde.

traçantes absorbant avidement les eaux superficielles, l'épicéa, qui jouit en outre de la précieuse qualité de réussir très bien en plein découvert, soit par semis, soit par plantation, est l'arbre le mieux adapté au rôle d'*assécheur* du sol. C'est à lui que l'on s'adresse de préférence pour le boisement des terrains tourbeux et marécageux, des *fanges* de l'Ardenne comme des *feignes* des Vosges.

« En Belgique, les plateaux de 400 mètres à 670 mètres d'altitude où sont les Hautes-Fanges reçoivent 1 200 à 1 500 millimètres d'eau par an.

« La couche de tourbe qui repose sur une nappe imperméable d'argile provenant de la décomposition des schistes du Cambrien et du Dévonien inférieur mesure souvent 0<sup>m</sup>,50, 1 mètre et jusqu'à 2 mètres.

« Qu'arrive-t-il après un orage ou une fonte subite des neiges ?

« L'eau atteignant rapidement un sous-sol imperméable est arrêtée, ne pénètre pas et aussitôt que la couche végétale est imprégnée elle descend et se précipite vers les dépressions, causant des crues violentes et subites.

« L'aspect et les allures des cours d'eau sortant des fanges sont connus. Un garde passant la Soor à pied le matin ne peut la traverser une heure après, au retour, s'il survient un orage.

« Mais une fois l'eau superficielle évacuée, il ne reste plus rien pour l'écoulement et presque subitement la fange ne donne plus; elle conserve son eau d'imbibition, reste humide; mais les ruisseaux qui en sortent tarissent<sup>1</sup>.

« Pendant l'hiver une autre circonstance aggrave ces effets désastreux au point de vue du régime des eaux. La surface étant gorgée d'eau, celle-ci se congèle par les grands froids, puis bientôt se recouvre de neige.

« Ici rien ne s'interpose entre les pluies et le soleil, d'une part, et la grande surface de neige, d'autre part. Aussi le dégel, la fonte des neiges se font-ils sentir brusquement, subitement.

« L'eau arrêtée par la glace reposant sur la fange s'écoule avec

---

1. On entend dire quelquefois que les tourbières sont des réservoirs d'eau et qu'à ce titre elles jouent un rôle utile. Ce serait vrai si l'on pouvait tourner à volonté le robinet du réservoir et en faire sortir en été, dans la saison des étiages, l'eau nécessaire aux besoins agricoles ou industriels. Mais il n'en est pas ainsi et les tourbières, nuisibles à tous les points de vue, doivent être combattues partout où on les rencontre, sauf dans le cas où elles sont exploitables comme combustibles.

une extrême rapidité, ce qui, à juste titre, fait redouter la fonte des neiges par les riverains des cours d'eau qui sortent des tourbières.

« Aussi les Belges ont-ils résolu de reboiser ces hautes fanges.

« Il faut d'abord les assainir et pour cela creuser des fossés qui occupent  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{5}$  ou  $\frac{1}{6}$  du terrain. Une notable partie de l'eau tombe directement dans ces fossés et s'écoule très rapidement. Les bandes fournissent aussi une partie de l'eau qu'elles reçoivent. L'assainissement aura donc pour résultat d'augmenter la rapidité avec laquelle l'eau s'écoulera et d'aggraver ainsi l'influence des fanges sur le régime des eaux.

« Mais cette création de fossés d'assainissement doit toujours être suivie d'un boisement.

« Il y a à ce moment une période critique durant de quatre à six ans, variable suivant l'eulherbement des fossés et le développement de la forêt.

« Le boisement agit de la manière la plus favorable sur les crues. La forêt fait écran, ralentit la chute, diminue la rapidité de l'arrivée de l'eau, de l'écoulement, retient par son terreau, absorbe par ses racines, empêche la fonte subite des neiges, rend le sol plus perméable.

« *A vingt ans, les fossés, jadis si actifs, ne donnent plus d'eau. Tout est retenu*<sup>1</sup>. »

Il est bien connu que les résineux produisent autour d'eux une dépression dans le niveau de la tourbière. « Si, dans le champ d'un marais tourbeux, dit M. de Lapparent<sup>2</sup>, il se trouve des arbres tels que des sapins, l'influence exercée par leur ombre se traduit par une dépression circulaire dont le pied de l'arbre occupe le centre et où l'on peut marcher à pied sec, tandis que, tout autour, le sol, quoique plus élevé est humide et tourbeux; singulier contraste, qui fait naître ainsi une sorte de cuvette sèche au milieu d'un bassin rempli d'eau. » Ce contraste s'explique tout naturellement, comme il vient d'être dit, par la diminution notable de la quantité de pluie qui arrive au sol et par l'absorption des racines.

1. Communication de M. Crahay, inspecteur des eaux et forêts de l'État belge. — Voir en outre les nombreux articles sur l'assainissement et le boisement des fanges insérés dans le *Bulletin de la Société centrale forestière de Belgique*.

2. *Traité de géologie*, par A. DE LAPPARENT. 3<sup>e</sup> édit., 1893, p. 336.

## 2. Feuilles de hêtre.

La seconde détermination de la faculté d'imbibition de la couverture morte a été faite sur le type habituel que l'on rencontre — heureusement — dans la plupart des forêts françaises, type où la décomposition s'opère rapidement sous l'action de l'oxygène en donnant un faible résidu de *terreau neutre* ou *humus forestier*, et non plus sur une forme exceptionnelle comme celle du cas précédent.

Les échantillons ont été pris dans la forêt domaniale de Haye<sup>1</sup> (près Nancy), dont le sol, superficiel, repose sur les calcaires fissurés du médio-jurassique (étages bajocien et bathonien).

Après douze jours d'imbibition, la terre et les débris organiques laissés dans leur situation naturelle pèsent. . . . . 1<sup>kg</sup>,800  
 En déduisant le poids de la terre saturée qui est de . . . 0 ,230  
 il reste pour le poids de la couverture saturée. . . . . 1<sup>kg</sup>,570

Cette couverture desséchée à 100° pèse 246 grammes.

Ces 246 grammes de matière organique absorbent donc 1 570 — 246 = 1 324 grammes d'eau, soit 538 p. 100 de son poids à 100°.

Pour comparer ce résultat à ceux des forestiers bavarois, il faut ramener le poids de la couverture à 100° à ce qu'elle pèse quand elle est complètement desséchée à l'air. A cet état, elle renferme encore 15 p. 100 d'eau et absorbe 441 p. 100 de son poids, tandis qu'Ebermayer indique 233 p. 100, presque moitié du taux trouvé par moi. Il est vrai que Calas donne un chiffre beaucoup plus fort; d'après ses déterminations faites dans les Pyrénées-Orientales, la couverture de hêtre absorberait huit fois son poids à l'air, tandis que nous trouvons 4,4 seulement pour la couverture de la forêt de Haye et qu'Ebermayer donne encore beaucoup moins (2,3) pour la moyenne des observations faites en Bavière.

Comme nous l'avons déjà fait observer pour les aiguilles d'épicéa, ces différences tiennent surtout à l'état de décomposition des feuilles. Plus est grande, dans une couverture quelconque, la

1. Cette couverture, prélevée dans la série de Remenaumont, tout près de la Haute-Borne, était formée essentiellement de feuilles mortes, de brindilles et d'involucres de hêtre. Le peuplement principal est formé surtout de hêtres avec quelques chênes et charmes.



proportion d'organes presque entièrement décomposés, plus est grande aussi la faculté d'imbibition.

Le poids à l'hectare de la couverture séchée à 100° atteindrait 9 840 kilogr. — En 1895, j'avais trouvé en des points voisins :

Parcelle F<sub>2</sub> (Remenaumont), 6 802 kilogr. ;

Parcelle E<sub>2</sub> (Remenaumont), 8 169 kilogr.

Il n'est certainement pas désirable de trouver sur le sol de la forêt des poids de couverture morte plus considérables. S'ils étaient dépassés, si la décomposition s'opérait encore plus lentement, elle donnerait lieu, comme dans le cas précédent, où la couverture d'aiguilles d'épicéa atteint 30 000 kilogr. à l'hectare, à de l'humus imparfait à réaction acide dont l'influence sur le sol est nuisible. Les meilleures conditions sont réalisées quand le sol de la forêt se couvre chaque année du plus possible de débris organiques, que ceux-ci se transforment le plus vite possible en humus qui s'incorpore le plus vite possible au sol pour servir à la nutrition des arbres et qu'il ne reste guère à la surface que des détritiques de l'année précédente, sous forme d'une couverture mince s'opposant à l'évaporation, mais permettant l'imbibition du sol. C'est ainsi, c'est quand l'éremacausis se fait énergiquement, que le sol forestier s'améliore le plus vite et le mieux.

En supposant la couverture de la forêt de Haye aussi sèche que possible, elle retiendrait — dans le point examiné — 52 939 kilogr. d'eau par hectare, soit une hauteur de pluie de 5,3 millimètres.

---

**Sur certains mouvements déterminés par l'approche des corps vivants ou d'objets qui préalablement ont été mis en contact avec ces corps, par M. P. DUMONT<sup>(1)</sup>.**

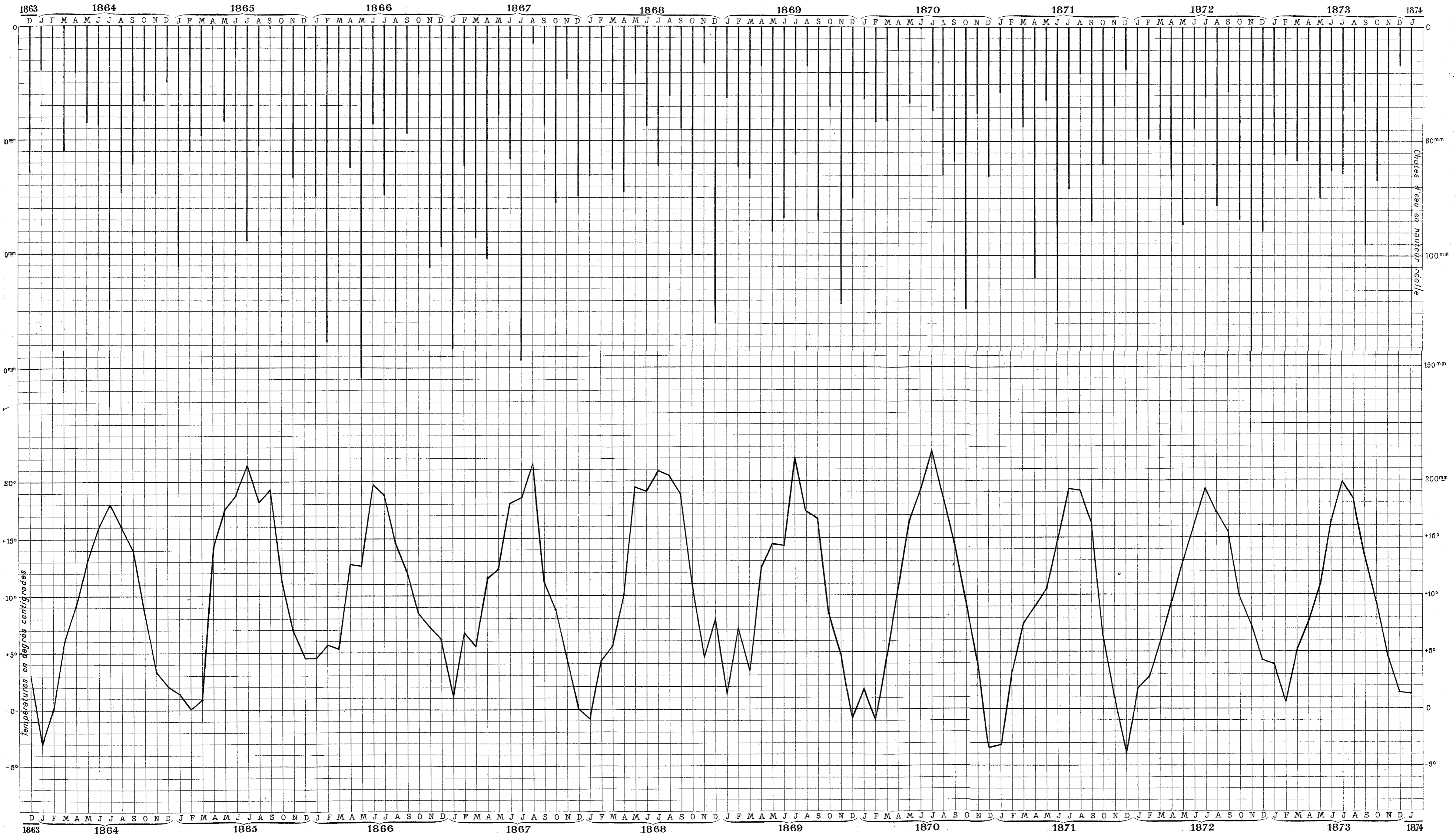
Au mois de décembre dernier, un correspondant de Paris, M. Guadet, ancien élève de l'École polytechnique, rappelait à M. Charpentier l'expérience attribuée à l'occultiste Allan Kardeck et qui consiste à faire tourner une aiguille de papier mince, de 5 à 7 centimètres de longueur, 5 millimètres de largeur, dont les extrémités, en forme de T, ont environ 1 centimètre de largeur. On fait reposer cette aiguille en équilibre sur la pointe

1. Communication faite à la Société des sciences de Nancy, le 16 mai 1904.

d'une aiguille de métal fixée verticalement dans un bouchon (un léger pli longitudinal et un transversal du papier facilitent cette disposition). Si on entoure le système par les deux mains disposées chacune en demi-cercle, de façon à ce que le pouce de l'une et le petit doigt de l'autre reposent sur la table, l'extrémité des doigts étant un peu fléchie, au bout de quelques instants, la rotation s'opère dans le sens d'un courant qui circulerait dans les bras, allant de l'épaule vers l'extrémité des doigts, et dépend, par conséquent, de la position respective des deux mains sur la table. Si celles-ci sont posées de façon que les extrémités digitales se rencontrent, le mouvement de rotation ne se produit pas ; il s'arrête ou est fortement ralenti, si une seconde personne approche de la partie externe d'une des mains de l'opérateur, l'extrémité de ses doigts réunis. L'expérience, bien entendu, doit être faite dans un lieu à l'abri de tout courant d'air. Elle réussit également, quoique plus lentement, si on interpose entre les mains et l'aiguille un cylindre de papier mince ou un verre à boire très mince. Une seule main peut à la rigueur mettre l'appareil en mouvement, et suffit pour faire continuer celui-ci, provoqué par l'application des deux mains. Deux opérateurs peuvent produire le même résultat en employant chacun une main. M. Guadet demandait si les rayons N émanant du système musculaire et nerveux n'étaient pas la cause du phénomène. M. Charpentier m'ayant fait part de cette communication, je variaï l'expérience que je connaissais déjà, en remplaçant l'aiguille de papier par des étoiles, des croix de Malte, des disques de papier mince et d'aluminium qui donnèrent les mêmes résultats. Un disque de papier à calquer, de 20 centimètres de diamètre, est facilement mis en rotation par l'approche de trois mains. J'eus ensuite l'idée de reproduire le phénomène en remplaçant les mains par des gants auxquels je donne à l'aide d'une armature de gros fils de cuivre la même disposition qu'aux mains dans l'expérience précédente. Des gants neufs ou n'ayant pas été portés depuis longtemps ne produisent aucun effet, même si on les remplit de sable porté à une température voisine de celle du corps humain. Si, au contraire, on introduit dans les gants les mains, pendant quelques minutes avant d'approcher ceux-ci de l'appareil, la rotation du mobile se produit et persiste pendant plusieurs heures, dans le même sens qu'avec les mains. On peut employer indifféremment des gants de peau ou

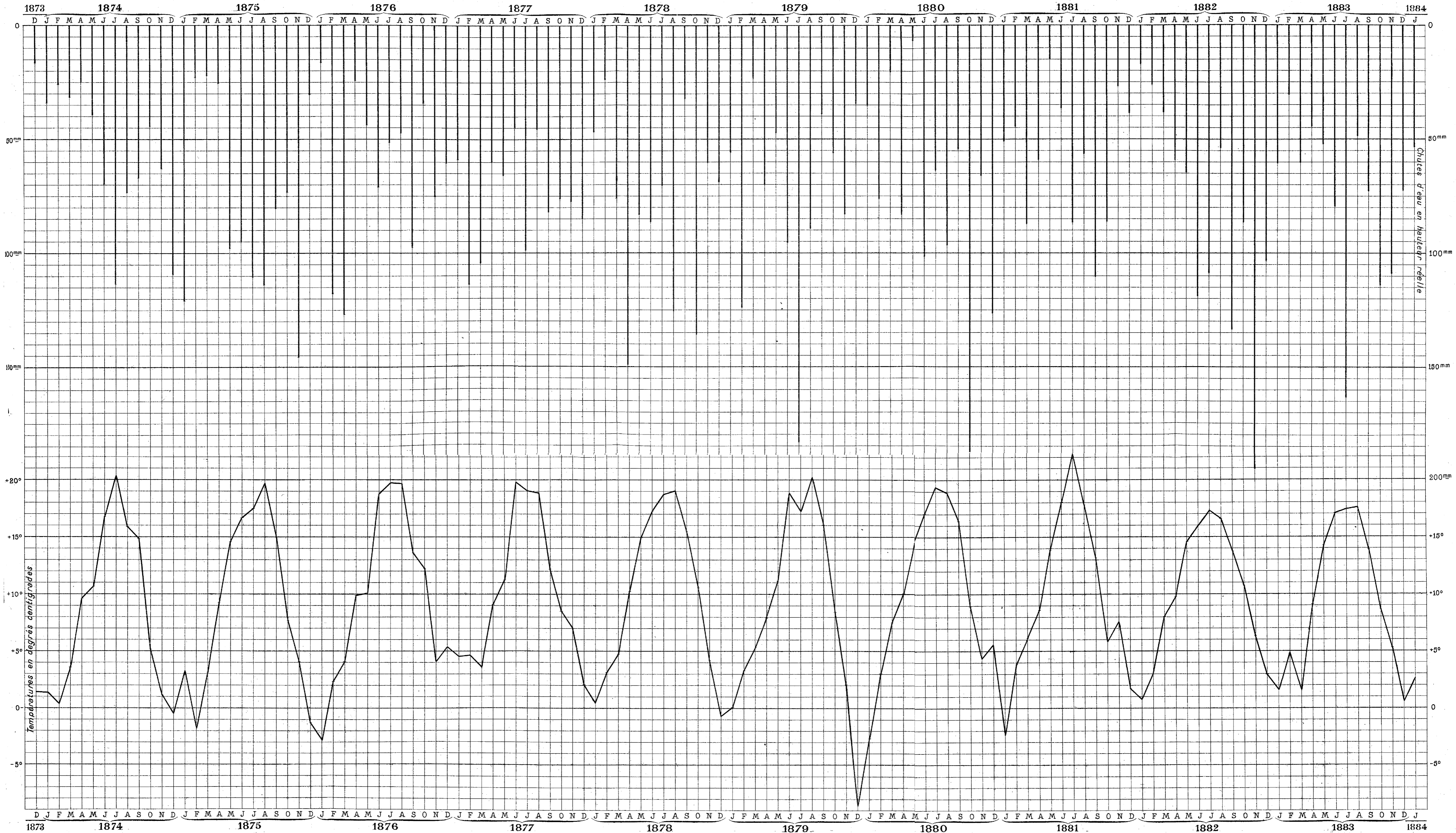
des gants de tissu ; ceux qui m'ont donné les meilleurs résultats sont de gros gants de laine fourrés et garnis de peau à la face palmaire. Si, au lieu d'introduire les mains dans les gants, on applique ceux-ci pendant quelque temps sur la surface des mains étendues, de façon que leurs poignets reposent sur les doigts de la main et leurs doigts sur les poignets, la rotation se produit encore à leur approche, mais dans un sens opposé au précédent. La température des mains ne semble avoir aucune influence sur ces expériences qui réussissent du reste si on les répète avec des animaux à sang froid, comme des grenouilles, que l'on peut disposer autour du mobile, soit deux à deux, les corps faisant un cercle l'un à la suite de l'autre, soit avec une seule grenouille en donnant à ses pattes antérieures la même direction qu'aux mains dans les cas précédents. La contraction musculaire des mains semble favoriser le mouvement de rotation du mobile.

NANCY. TEMPÉRATURES MENSUELLES MOYENNES ET CHUTES D'EAU CORRESPONDANTES 1864-1873



Tracé par A. de METZ-NOBLAT  
d'après le Bulletin de la Commission Météorologique  
de Meurthe-et-Moselle.

NANCY. TEMPÉRATURES MENSUELLES MOYENNES ET CHUTES D'EAU CORRESPONDANTES 1874-1883



Tracé par A. de METZ-NOBLAT  
d'après le Bulletin de la Commission Météorologique  
de Meurthe et Moselle.

NANCY. TEMPÉRATURES MENSUELLES MOYENNES ET CHUTES D'EAU CORRESPONDANTES 1884-1893



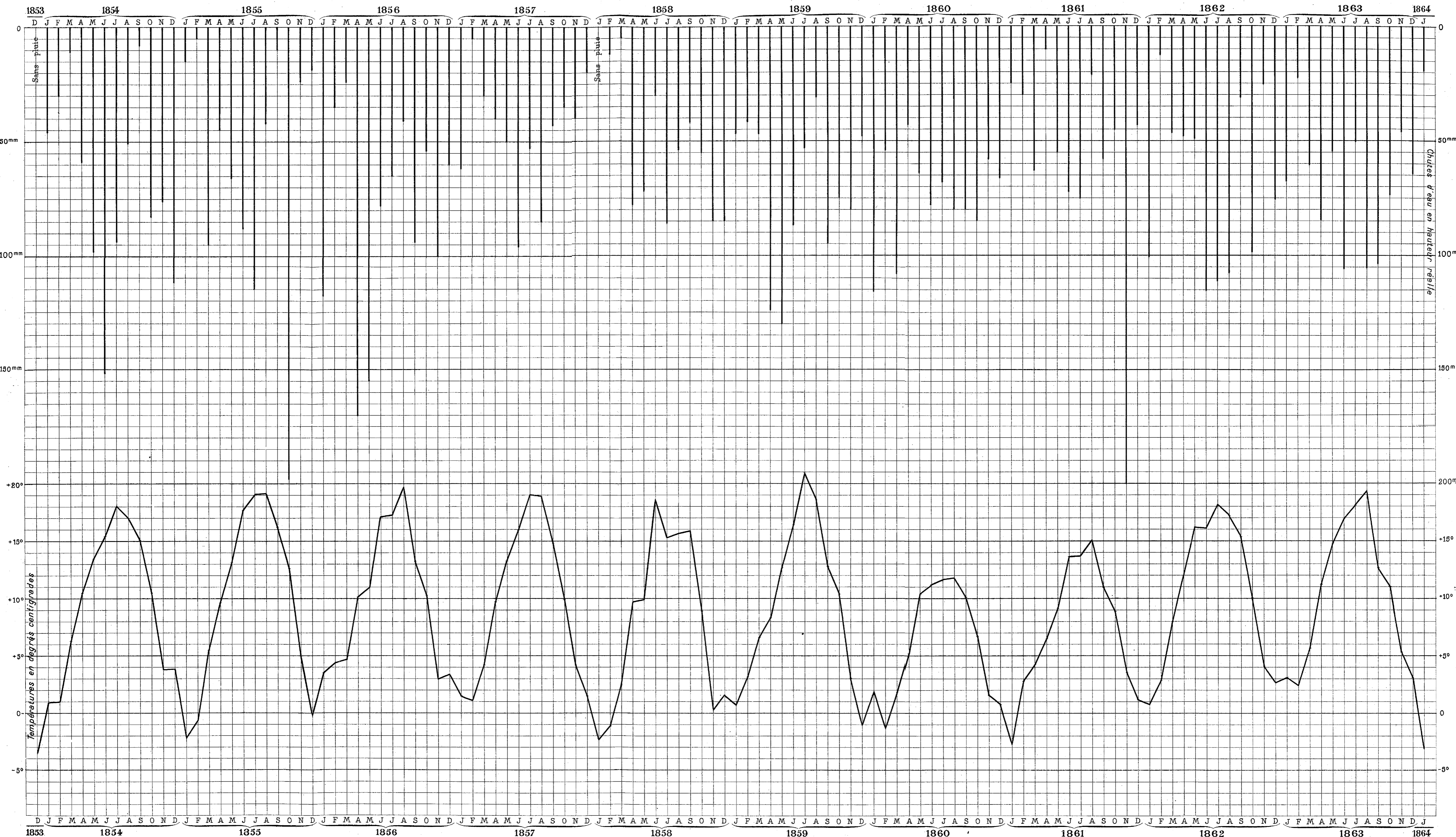
Tracé par A. de METZ-NOBLAT  
d'après le Bulletin de la Commission Météorologique  
de Meurthe-et-Moselle.

NANCY. TEMPÉRATURES MENSUELLES MOYENNES ET CHUTES D'EAU CORRESPONDANTES 1894-1903



Tracé par A. de METZ-NOBLAT  
d'après le Bulletin de la Commission Météorologique  
de Meurthe-et-Moselle.

NANCY. TEMPÉRATURES MENSUELLES MOYENNES ET CHUTES D'EAU CORRESPONDANTES 1854-1863



Tracé par A. de METZ-NOBLAT  
d'après le Bulletin de la Commission Météorologique  
de Meurthe-et-Moselle.



## BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

## SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

*Séance du 1<sup>er</sup> juin 1904.*

Sur la composition des amalgames.

MM. Guntz et Rœderer communiquent le résultat de leurs recherches sur la centrifugation des amalgames. — Ils montrent que les résultats correspondent à ceux de la pression, c'est-à-dire que par centrifugation on enlève du mercure à des produits que d'autres méthodes semblent indiquer comme des composés définis.

*Séance du 15 janvier 1904.*

**Antagonisme physiologique entre l'alcool et la strychnine; son importance en médecine judiciaire,** par le D<sup>r</sup> G. GUÉRIN, professeur de toxicologie à l'École supérieure de pharmacie de Nancy.

On sait depuis longtemps que l'alcool, considéré d'abord par quelques médecins italiens, Rognetta en particulier, comme un excellent antagoniste de la strychnine, a été expérimenté par Amagat<sup>1</sup>, Stacchini<sup>2</sup>, qui reconnurent, en effet, que l'alcool diminue ou met obstacle à l'action de la strychnine. Hameau ramenait à la vie, au moyen d'injections sous-cutanées d'alcool, des lapins empoisonnés par des doses mortelles de strychnine.

1. AMAGAT, *Journal de thérapeutique*, 1876.

2. STACCHINI, *Archives de physiologie normale et pathologique*, octobre 1877.

Plusieurs auteurs paraissent avoir établi, en outre, que cet antagonisme est réciproque. Le D<sup>r</sup> Morey<sup>1</sup> a publié le cas de ce singulier ivrogne qui, après une orgie de boisson spiritueuse longue et continue, et alors qu'il était en puissance de *delirium tremens*, s'était remis rapidement et paraissait entièrement dégagé de tout trouble nerveux, après avoir absorbé une forte dose de strychnine. Cet alcoolique invétéré savait très bien conjurer ainsi les accidents de l'alcoolisme, dès qu'il se sentait menacé. La quantité de toxique exigée répondait à la longueur du temps pendant lequel il avait bu et à la quantité de whisky qu'il avait absorbée.

Des observations cliniques recueillies par le D<sup>r</sup> A. Luton<sup>2</sup>, de Reims, milieu particulièrement propice à l'éclosion et à l'épanouissement de l'alcoolisme, proclament hautement l'efficacité de la strychnine dans le traitement de l'alcoolisme chronique.

Plus récemment, enfin, les D<sup>rs</sup> Journet et Bonnaud<sup>3</sup> ont pu rendre à la santé un sujet chez qui les explosions symptomatiques les moins contestables de l'alcoolisme avaient éclaté, en lui faisant absorber, en deux jours, 0<sup>gr</sup>,1166 dixièmes de milligramme de sulfate de strychnine sans le moindre accident.

Il semble donc bien démontré que l'alcool diminue suffisamment la réflectivité des centres excito-moteurs de la moelle épinière, pour amoindrir et même rendre impossibles les convulsions du strychnisme, cause première de la mort, et réciproquement, que la strychnine est précieuse pour conjurer l'intoxication alcoolique aiguë et se montre toute-puissante pour combattre et dissiper les troubles suscités par l'alcoolisme chronique.

Ces faits, qui ne doivent pas être ignorés des experts-chimistes, méritent d'être pris en considération lorsqu'il s'agit d'établir les culpabilités, dans certaines affaires criminelles où la strychnine a joué un rôle.

C'est un cas de ce genre qui fait l'objet de cette communication :

Dans la nuit du 2 au 3 février 1903, le nommé Tisserand, cultivateur à Rebaupal (Vosges), était mort d'une façon suspecte. Le

1. MOREY, « Du traitement de l'alcoolisme par la strychnine ». (*Bulletin de thérapeutique*, t. 108, p. 177. D'après *Pacific medical Journal*.)

2. A. LUTON, « De la strychnine dans l'alcoolisme ». (*Bulletin de thérapeutique*, t. 99, p. 241, et t. 102, p. 473.)

3. JOURNET et BONNAUD, « Traitement de l'alcoolisme par les injections de sulfate de strychnine ». (*Bulletin de thérapeutique*, t. 108, p. 177.)

médecin appelé à constater le décès ayant remarqué que le cadavre avait les lèvres violacées et constaté qu'il portait sur le front une plaie contuse et derrière, la tête, près du sommet, une blessure saignante paraissant faite par un corps à arêtes vives, refusa le permis d'inhumation.

La veuve Tisserand, son père et son beau-frère, interrogés par la gendarmerie sur les causes de la mort de Tisserand, déclarèrent que celui-ci, rentré ivre au logis, ainsi que cela lui arrivait à peu près tous les jours, était monté se mettre sur son lit dans sa chambre du premier étage, puis, qu'ayant voulu descendre quelque temps après, il avait dégringolé dans l'escalier et s'était assommé sur les dalles de la cuisine.

Le D<sup>r</sup> R..., médecin-légiste, requis pour pratiquer l'autopsie, reconnut que Tisserand était mort par suffocation et asphyxie, sans pouvoir toutefois s'en expliquer la cause, déclarant, en outre, contrairement aux dires de ses proches, que la blessure située derrière la tête du cadavre ne provenait certainement pas d'une chute.

Les trois personnages sus-nommés, incarcérés sur mandat du procureur de la République et habilement interrogés par M. le juge d'instruction de Saint-Dié, ne tardèrent pas à révéler ce qui suit :

Le 2 février, vers les 8 heures du soir, Tisserand, qui avait bu toute la journée, rentre chez lui, querelle sa femme, monte se coucher et, presque aussitôt, crie qu'il est malade et qu'il a soif. La femme Tisserand s'empresse alors d'aller chercher un petit flacon de sulfate de strychnine, qu'elle s'était procuré quelque temps auparavant, attendant l'occasion de s'en servir, verse, suivant son expression, une bonne moitié de son contenu dans du vin chaud, apporte à son mari ce breuvage empoisonné, qu'il absorbe d'un trait, puis ferme la porte et se sauve chez son père.

Le beau-père et le beau-frère de Tisserand, mis au courant de ce qui s'était passé, arrivent vers 1 heure du matin au domicile de la victime, espérant bien la trouver morte, mais demeurent stupéfaits en voyant Tisserand debout dans sa cuisine. Le malheureux, qui avait peine à se tenir en équilibre, était cependant descendu tout seul de sa chambre à coucher, qu'il avait souillée de ses vomissements, et paraissait, de l'aveu même des inculpés, n'avoir pas subi d'accident tétaniforme. C'est à peine s'il présen-

tait quelques signes de trismus; il avait quelques hoquets, mais pas de contraction des muscles du visage, et la physionomie, qui était celle d'un homme ivre, n'avait pas d'expression grimaçante. Il ne poussait aucun cri, n'exhalait aucune plainte, balbutiait seulement quelques phrases sans suite comme le font les ivrognes.

Désappointés d'un pareil résultat, le beau-père et le beau-frère prennent Tisserand chacun par un bras, le font sortir dehors, le frappent derrière la tête avec une pierre aigüe, puis, lui ayant plongé la figure, jusqu'aux oreilles, dans le bassin d'une fontaine, le maintiennent dans cette position environ une minute. Ils traînent ensuite le corps dans la cuisine et le laissent tomber sur les dalles, d'une hauteur de 1 mètre, la face en avant, d'où la plaie contuse relevée sur le front.

A la suite de ces révélations le cadavre de Tisserand fut exhumé le 12 février, dix jours après l'autopsie, et je fus commis, en collaboration avec M. Schmidt, par le parquet de Saint-Dié, pour : 1° constater si les organes provenant du cadavre de Tisserand contenaient de la strychnine; déterminer si la quantité de poison était suffisante pour entraîner la mort; 2° rechercher s'il existait des traces de strychnine dans une casserole où ce poison aurait été mélangé à du vin chaud; 3° faire connaître la nature de la substance contenue dans une fiole portant l'étiquette d'un pharmacien de Gérardmer, avec l'inscription : « Un gramme strychnine pour détruire les renards; » 4° déterminer subsidiairement s'il existait de la strychnine dans les viscères de deux chiens, dont les cadavres nous furent expédiés de Saint-Dié le 27 février, et qui étaient morts après avoir léché les matières vomies par la victime.

La casserole qui avait servi à la préparation du vin chaud empoisonné renfermait encore des traces très manifestes de strychnine, que nous identifîâmes rapidement.

Traités séparément par la méthode de Dragendorff, les viscères de Tisserand nous donnèrent dans leur ensemble une quantité de strychnine de 0<sup>gr</sup>,03609. C'est le foie qui en renfermait le plus.

Il est vraisemblable qu'une plus grande quantité de toxique eût été trouvée par nous si une partie des liquides viscéraux n'avait été perdue lors de l'autopsie pratiquée, comme je l'ai dit, à une époque où le crime d'empoisonnement ne pouvait être soupçonné.

Quelle était la quantité de strychnine qu'avait absorbée Tisse-

rand? Le petit flacon renfermait encore 0<sup>gr</sup>,2984 de sulfate de strychnine; 0<sup>gr</sup>,7016 avaient donc été versés dans le vin chaud par la main de l'empoisonneuse. Mais cette quantité de poison était bien supérieure à celle qui avait dû agir sur l'organisme de la victime, puisque des vomissements répétés en avaient éliminé la majeure partie.

La dose mortelle minima de strychnine qui causerait la mort d'un homme, du poids de 70 kilogr., a été évaluée par divers auteurs (Nothnagel et Rossbach, Huseman) à 30 milligrammes. Pour Ernest Labbé, la strychnine est toujours toxique si elle est donnée à la dose de 4 centigrammes. La quantité de strychnine retirée par nous pouvait donc être jugée suffisante pour provoquer la mort, d'autant plus que cette quantité était certainement plus faible que celle que renfermait le cadavre avant l'autopsie et l'inhumation, que le sujet était de constitution plutôt chétive et que son poids, d'après les renseignements fournis par l'instruction, paraissait être au-dessous de 70 kilogr. Malgré cela cependant, et en raison de l'état d'ébriété profonde de la victime, nous avons jugé prudent de déclarer qu'une personne ivre, intoxiquée par cette substance, qui résiste plusieurs heures aux accidents tétaniques, a peut-être des chances de ne pas succomber à l'intoxication et d'en sortir triomphante, et que nous ne pouvions affirmer que la quantité de strychnine retirée par nous devait nécessairement entraîner la mort de Tisserand.

---

#### L'arnistérine, phytostérine de l'*Arnica montana*, L.,

par M. T. KLOBB.

L'existence d'une phytostérine dans les capitules de Camomille romaine (*Anthemis nobilis*, L.) [1] m'a engagé à rechercher si des composés semblables se trouveraient dans d'autres Synanthérées. J'exposerai ici les résultats obtenus avec l'*Arnica*.

On fait digérer les fleurs pendant une quinzaine de jours dans du pétrole léger bouillant de 30° à 70°. Après avoir soutiré le liquide fortement coloré en jaune, on le remplace par du pétrole frais qu'il suffit de laisser en contact pendant deux ou trois jours.

---

1. *Bulletin des sciences pharmacologiques*, 1903.

Les liquides réunis sont distillés à la vapeur et réduits à un très petit volume, par exemple 300 centimètres cubes pour 6 kilogr. de fleurs; enfin on chasse tout le pétrole par distillation dans le vide au bain-marie. Le résidu est délayé dans un grand excès d'acétone et le tout abandonné à cristallisation. Après quelques heures on sépare par filtration à la trompe un volumineux dépôt formé d'écaillés cristallines qui n'est autre chose que le carbure ou mélange de carbures déjà analysé par Börner (1). Le liquide acétonique étant distillé, il reste environ 200 grammes (pour 6 kilogr. de fleurs) d'une huile grasse tenant en dissolution une grande partie de la matière colorante jaunée des pétales. Cette huile est formée par un mélange de glycérides divers et probablement d'éthers de l'arnistérine. On la saponifie en la chauffant avec 50 grammes de potasse et 250 grammes d'alcool absolu; la matière colorante jaune, assez stable, semble peu attaquée. On chasse l'alcool par distillation, on reprend le savon formé par 4 litres d'eau au moins, et on neutralise la potasse restée libre par un courant de CO<sup>2</sup>; à ce moment, la solution savonneuse tient en suspension une substance figée jaune qui, vue au microscope, présente un commencement de cristallisation en globules radiés. On épaise le liquide à plusieurs reprises avec de l'éther.

Mais ici se présente une difficulté. Après agitation, et surtout si la solution de savon est trop concentrée, l'éther reste émulsionné, ou s'il se sépare, ce n'est que très imparfaitement; au bout de plusieurs jours, on ne retrouve quelquefois que la moitié du dissolvant. Après quelques tâtonnements, j'ai pensé qu'on pourrait peut-être résoudre l'émulsion formée en y ajoutant un corps inerte et avide d'eau. En effet, il suffit d'agiter dans un flacon 2 litres du mélange avec 100-200 grammes de sulfate de soude anhydre pour que bientôt les deux zones, parfaitement distinctes, se séparent l'une de l'autre (2).

On distille l'éther, après l'avoir lavé à l'eau, et le résidu amené à un faible volume, 250 centimètres cubes, est abandonné à lui-même. Bientôt le résidu épais et coloré cristallise peu à peu, si

1. Ueber einige Bestandteile der Blüten von Arnica Montana, *Dissertation*. Erlangen, 1891, BÖRNER.

2. A la surface de contact se dépose quelquefois un précipité jaune peu abondant; c'est un savon calcaire retenant un peu de matière colorante; on s'en débarrasse en filtrant la couche éthérée.

l'on a soin d'opérer à basse température, vers 0°. Il se forme de magnifiques lamelles hexagonales ou rhombiques accompagnées de formes diverses, telles qu'aiguilles réunies en étoiles, boules à structure radiée. Au fur et à mesure que l'éther s'évapore, on ajoute de l'alcool et on abandonne sous cloche. Pendant les froids de l'hiver, la cristallisation progresse ainsi assez rapidement. A la fin, on essore les cristaux, on les lave à l'alcool froid, on les purifie par l'alcool bouillant en présence de noir animal. Mais l'arnistérine est mélangée d'hydrocarbures restés dissous dans l'huile grasse et rendus libres lors de la saponification; la séparation en est difficile et entraîne d'assez grandes pertes de matière.

On fait cristalliser d'abord *dans un excès* d'acétone; par refroidissement, la majeure partie du carbure se dépose (écailles, filaments courbes au microscope), l'arnistérine reste en solution. On évapore à sec la solution acétonique et le résidu est repris par un mélange d'alcool et de benzine.

Par évaporation lente, on obtient de beaux cristaux isolés en losanges plats; c'est l'arnistérine renfermant 1 molécule d'alcool de cristallisation; on termine par de nouvelles cristallisations dans l'alcool.

Lors des extractions, il faut éviter avec soin de chauffer les extraits pétroliques au delà de 100°. Dans plusieurs opérations, dans lesquelles on s'était servi de pétrole plus lourd, on avait distillé au bain de glycérine à 120-130° pour se débarrasser du dissolvant; dans ces conditions, on n'a obtenu que des traces de produit, même après amorçage des solutions, séjour prolongé au froid, ou traitement par divers solvants.

Le liquide jaune épais dont se sont déposés les premiers cristaux d'arnistérine brute peut en donner encore par addition d'un peu d'alcool et exposition au froid. A la fin, il reste une notable quantité d'une substance extractive, transparente, colorée, d'une odeur agréable, de saveur aromatique et amère, soluble dans tous les dissolvants; les dissolutions étendues ont une belle couleur jaune d'or. C'est l'*arnicine* des auteurs (Walz, Lebourdais, etc.), dont l'arnistérine représente par conséquent la partie cristallisable. Dans une ou deux de ces arnicines, on a pu apercevoir au microscope de petits prismes nettement développés, d'un rouge-bichromate, toujours en quantité trop petite pour pouvoir les séparer. C'est peut-être l'*arnicine cristallisée* obtenue par Börner et

que ce chimiste considère comme la substance colorante des pétales. Je dois ajouter qu'en essayant de préparer ce corps d'après les indications de l'auteur, je ne suis arrivé à aucun résultat. La maison Schuchardt qui a fait également la préparation à ma demande n'a pas été plus heureuse et ne m'a adressé qu'une substance sirupeuse présentant tous les caractères de l'arnicine extractive.

*Propriétés.* — Du sein de l'alcool ou d'un mélange d'alcool et de benzine, le corps se sépare en jolis cristaux isolés à contours précis, d'apparence rhomboédrique, qui, chauffés à 115-120°, perdent 1 molécule d'alcool de cristallisation.

	Trouvé.			Calculé.	
	1	2	3	$C^{28}H^{40}O^2 + C^2H^6O$	$C^{29}H^{48}O^2 + C^2H^6O$
P. 100 . . .	9,84	9,76	9,90	10,00	9,70

Privés d'alcool, ils fondent à 249-250° (Bloc Maquenne) et se subliment à une température plus élevée.

L'analyse faite sur la substance parfaitement débarrassée de carbure par cristallisations spéciales dans l'alcool a donné les résultats suivants :

1° Arnistérine avec alcool (cristaux séchés à l'air libre) ;

	Trouvé.			Calculé.	
	1	2	3	$C^{28}H^{46}O^2 + C^2H^6O$	$C^{29}H^{48}O^2 + C^2H^6O$
C. . . . .	77,75	77,89	77,76	78,26	78,45
H. . . . .	11,11	11,45	11,21	11,30	11,39

2° Arnistérine sans alcool (séchée à 115-120°).

	Trouvé.				Calculé.	
	1	2	3	4	$C^{28}H^{46}O^2$	$C^{29}H^{48}O^2$
C. . . . .	80,95	80,74	80,61	80,81	81,15	81,30
H. . . . .	10,97	11,08	11,05	11,01	11,11	11,21

Ces analyses s'accordent mieux avec la formule en  $C^{28}$ . Elles pourraient aussi convenir pour une formule en  $C^{14}$ , mais la cryoscopie s'y oppose.

J'ai trouvé, en effet, dans l'acide acétique, pour  $p = 28^r$ , 1983,



dissolvant 42<sup>gr</sup>,45, un abaissement de 0°47, ce qui donne pour le poids moléculaire 428. Théorie pour la formule en C<sup>28</sup> : 414.

L'arnistérine est soluble dans la plupart des véhicules habituels, mais cristallise difficilement de ces solutions, sauf dans l'alcool. Les réactions colorées sont celles des phytostérines : 1° l'acide sulfurique dans la solution faite avec l'anhydride acétique donne une coloration groseille ou violet pourpre ; 2° en solution chloroformique, si on verse de l'acide sulfurique, l'acide sous-jacent devient rose ou orangé rouge, le chloroforme devient rose et tout le liquide offre une fluorescence d'un jaune vif.

En outre, l'acide sulfurique avec la substance solide développe une coloration rouge ou pourpre ; s'il y a des produits nitreux, le changement de couleur est plus prompt ; enfin, avec beaucoup d'acide azotique ou de produits nitreux dans l'acide, les stries deviennent brunes, et le tout finit par devenir brun noir.

L'arnistérine jouit du pouvoir rotatoire droit. Avec une solution dans l'acétone pure du bisulfite on a trouvé pour  $p = 0^{\text{gr}},5063$ ,  $V = 40$  centimètres cubes,  $T = 15^{\circ}$  une rotation de  $+3^{\circ}11'$  avec un tube de 4 décimètres, d'où pour cette concentration (1,26 p. 100)  $\alpha_{\text{D}} = +62^{\circ}8$ .

Le chlorure de benzoïle réagit facilement, mais jusqu'ici le dérivé n'a pas encore cristallisé.

Par ses divers caractères, et surtout par la présence dans sa molécule de 2 atomes d'oxygène, le nouveau dérivé se distingue nettement de l'*anhestérine* que j'ai décrite précédemment<sup>(1)</sup>, ainsi que des autres cholestérines végétales.

1. *Bulletin des sciences pharmacologiques, loc. cit.*

## BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

## SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

Séance du 15 novembre 1904.

**La Castration femelle et l'androgénie parasites du *Lonicera Periclymenum*, par le professeur Paul VUILLEMIN.**

Les cécidologues indiquent la présence d'un Aphide, le *Rhopalosiphon xylostei* Schrk, comme une cause fréquente de déformation des fleurs du Chèvrefeuille vulgaire (*Lonicera Periclymenum*). A cette même cause se rattachent vraisemblablement de nombreuses anomalies décrites dans les traités et dans les notes de tératologie.

Jusqu'ici on a peu précisé la nature et l'étendue des modifications imputables au Puceron. Guéguen et Heim<sup>(1)</sup> donnent quelques indications à ce sujet. D'après ces observateurs, l'action du *Rhopalosiphon* est tantôt directe, tantôt indirecte. Dans le premier cas, la corolle est plus régulière qu'à l'état normal et virescente, les étamines et les carpelles sont plus velus que de coutume; ce sont les gamètes qui tendent à conserver le plus longtemps leur individualité. L'action parasitaire s'exerce-t-elle à distance? Alors on observe une stimulation de l'axe florifère. Mais il n'est pas encore question, dans ce cas, de multiplication ou de réduction des organes sexuels.

Sans se prononcer sur l'intervention possible des parasites, Morren<sup>(2)</sup> décrit des inflorescences où les fleurs sont multipliées

1. GUÉGUEN et HEIM, « Étude de l'aphidocécidie florale du *Lonicera Periclymenum* L., produite par *Rhopalosiphon xylostei* Schrk ». (*Association française pour l'avancement des sciences*. Ajaccio, 1901, 1<sup>re</sup> partie, p. 130-131.)

2. Ch. MORREN, « Les Virescences distinctes des phyllomorphies et cas particulier d'une virescence du Chèvrefeuille ». (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1850, t. XVII, 2<sup>e</sup> partie, p. 125-131, avec une planche col.)

et en même temps privées d'organes femelles et plus ou moins virescentes.

Des pièces pétaloïdes se substituent aux étamines d'après Masters<sup>(1)</sup>, aux carpelles d'après A. de Koning<sup>(2)</sup>.

Chez le *Lonicera punicea* Sims, probablement attaqué par le même puceron, Fr. Cavara<sup>(3)</sup> signale l'apparition de sacs polliniques dans la cavité de l'ovaire à la place des ovules absents, ou mélangés à quelques ovules subsistants.

Selon Daguillon<sup>(4)</sup>, les trois carpelles persistent. Bien qu'ils forment un tube ouvert et terminé par des anthères, on peut y distinguer les vestiges d'un ovaire infère émettant des appendices qui, malgré le défaut d'organisation et de nervation, sont homologues des ovules; la portion libre du tube porte, sur sa face interne, des languettes parcourues par un faisceau et aboutissant à des sacs polliniques plus ou moins différenciés.

Ces déviations de la structure habituelle de la fleur sont fréquentes et fort variées, comme on peut en juger d'après les brèves indications bibliographiques qui précèdent. Nous les avons souvent observées et nous rapporterons ici l'étude de vingt-quatre fleurs réparties sur trois rameaux cueillis dans une haie des environs d'Épinal en septembre 1892.

Nous désignerons ces vingt-quatre fleurs par des chiffres romains. A la première inflorescence appartiennent les numéros I-IV pour son verticille inférieur, le numéro V pour le suivant; à la seconde inflorescence appartiennent les numéros VI à XI pour le verticille inférieur, XII à XV pour le deuxième, XVI et XVII pour le troisième; à la troisième se rattachent les numéros XVIII à XXIV qui font partie du verticille inférieur sauf le numéro XXII, qui est une fleur du second verticille.

Les Pucerons abondaient dans certaines inflorescences, notamment dans la seconde qui comprend les fleurs VI à XVII; dans d'autres ils faisaient défaut au moment de l'observation, ce qui n'exclut pas la possibilité d'une irritation antérieure dont l'effet

1. MASTERS, *Vegetable Teratology*. London, 1869, p. 379.

2. A. DE KONING, « Eene wanschapeheid der bloemen van *Lonicera Periclymenum* ». (*Bijdr. tot de Natuurk. Wetensch.* 1827, t. II, p. 226 et tab. II.)

3. FR. CAVARA, « Di alcune anomalie riscontrate negli organi fiorali delle *Lonicere* ». (*Nuovo Giorn. bot. Ital.* 1886, t. XVIII, p. 52-59, tav. III-V.)

4. DAGUILLON, « Un cas de staminodie du pistil chez le *Lonicera Periclymenum* ». (*Revue générale de botanique*, 15 octobre 1904, t. XVI, p. 373-385, fig. 54-56.)

survit à la cause. A part de légères boursoufflures des feuilles, ils ne révélaient guère leur action que sur les fleurs, multipliées, un peu réduites dans leur taille et plus ou moins virecentes.

Le trouble le plus manifeste de la nutrition se traduisait, dans le développement des organes sexuels, par deux caractères saillants : 1° suppression totale des attributs du sexe féminin ; 2° androgénie manifestée dans les phyllomes les plus internes et souvent accompagnée d'une réduction des organes mâles dans l'androcée normal.

Nos spécimens s'éloignent de ceux de Guéguen et Heim : la corolle ne s'y régularise pas ; en revanche les gamètes femelles sont absents, ainsi que Morren l'avait déjà mentionné. Mais il ne s'ensuit pas que les pièces intérieures à l'androcée disparaissent. Une seule de nos fleurs (XIX) était réduite à trois verticilles ; l'atrophie portait aussi bien sur les éléments mâles que sur les éléments femelles. Avec Masters et de Koning, nous relevons une certaine tendance à la pétalisation des pièces qui tiennent la place, soit de l'androcée, soit du pistil. Cependant c'est de la description de Daquillon que se rapproche la majorité de nos fleurs, bien que nous ne trouvions plus le moindre vestige de l'organisation propre aux carpelles.

Dans nos vingt-quatre spécimens, le calice et la corolle comprennent chacun cinq pièces. La disposition bilabée de la corolle est à peine altérée dans l'un d'eux (VIII). Comme l'androcée normal, le troisième verticille compte cinq phyllomes bien distincts dans vingt fleurs ; le postérieur est bifurqué une fois (II), les deux antérieurs sont concrescents une autre fois (III). Dans deux fleurs seulement, le troisième verticille compte trois pièces ; l'androcée, croyons-nous, fait alors défaut et le verticille ternaire qui suit la corolle tient la place du pistil dont il reproduit le diagramme (XVIII et XIX). Nous considérons en conséquence ces pièces comme appartenant au quatrième verticille.

La castration des organes physiologiquement femelles n'a pas frappé le quatrième verticille jusque dans son existence. Dans dix-neuf fleurs, il compte trois phyllomes comme le pistil classique des Chèvrefeuilles ; deux fois il n'en a que deux (X et XXIV), deux autres fois il en a plus de trois, mais alors le quatrième (XIII) ou le quatrième et le cinquième (XXIII) phyllomes semblent provenir d'un cinquième cycle intercalé au précédent.

Effectivement nous relevons quatorze autres cas où des pièces plus internes sont bien distinctes du quatrième verticille et tendent à constituer un ou deux tubes emboîtés dans ceux qui précèdent, et formés de pièces alternant avec les phyllomes substitués aux carpelles.

On pourrait croire que ces pièces internes sont homologues des ovules : ce fut notre première pensée et c'est à cette interprétation que s'arrête Daguillon. Cependant nous ne connaissons pas de preuve directe en faveur de cette hypothèse, même dans les observations de Daguillon, qui, prises isolément, s'y adaptent assez bien. Les phyllomes qui tiennent la place du pistil n'ont aucun caractère de carpelles. Généralement terminés par des anthères, ils sont soudés latéralement dans la plus grande partie de leur longueur et forment un tube comme la corolle et l'androcée; les pièces plus profondes ne se comportent pas autrement à leur égard que les étamines à l'égard des pétales.

Dans les échantillons de Daguillon comme dans plusieurs des nôtres, les tubes emboîtés qui constituent la fleur entièrement mâle offrent entre eux des phénomènes d'adhésion et d'entraînement plus ou moins complexes. Les pièces morphologiquement supérieures, réduites à des languettes stériles et dépourvues de faisceaux, peuvent se dégager de l'intérieur du tube même au-dessous du niveau où émergeront les sépales, sans que rien justifie l'identification de la portion du tube qui les porte avec un ovaire infère, ni celle de ces appendices eux-mêmes avec des ovules.

La valeur morphologique de ces appendices est beaucoup plus claire, quand le réceptacle, au lieu de devenir plan ou concave comme dans les cas précédents, s'allonge en un axe sur lequel s'échelonnent, de bas en haut, les insertions des verticilles successifs.

Dans les fleurs normales de Chèvrefeuille, L. Vidal a vu un court prolongement de l'axe à la base de l'ovaire infère. Ici, en l'absence d'ovaire infère, la corolle est séparée du calice par une petite masse pleine, verte, légèrement renflée (IV), déjà décrite et figurée par Ch. Morren. C'est exactement « l'entre-nœud sépalopétalaire » fréquemment signalé dans les fleurs normales du *Melandryum pratense* Röehl. Le fait de l'élongation du réceptacle une fois acquis par sa démonstration pour la base de la

fleur, il est logique d'étendre la concordance avec les *Melandryum* aux entre-nœuds suivants, d'autant plus que les verticilles d'ordre supérieur sont encore séparés de la corolle par une masse pleine qui a plutôt les caractères d'une tige que ceux d'appendices concrescents. Parfois même le quatrième (XVII) ou le cinquième cycle (V) est suivi d'un filament axile qui n'est autre que la terminaison du réceptacle. Nous attribuons la même valeur au filament central des fleurs mâles de *Melandryum pratense*, souvent décrit comme un vestige du pistil.

La castration des organes femelles s'accompagne donc d'un certain degré d'accrescence du réceptacle non épuisé par le pistil. Après avoir produit un quatrième verticille le plus souvent organisé en étamines, le réceptacle continue à émettre des pièces formant, soit un cinquième et un sixième verticilles, soit une spirale irrégulière de phyllomes qui deviennent des étamines ou des rudiments pétaloïdes jusqu'à complet épuisement.

Telle est la conception générale que nous a suggérée la comparaison des vingt-quatre fleurs qui font l'objet de cette étude.

Il s'agit maintenant de la justifier par l'examen plus détaillé des verticilles successifs.

**CALICE.** — Les cinq sépales verts et petits qui constituent tout le calice des fleurs anormales sont identiques aux cinq lobes qui surmontent l'ovaire des fleurs normales.

On dit souvent que l'ovaire infère résulte de la concrescence du calice, de la corolle, des étamines et du pistil dans toute l'étendue qui sépare la base de l'ovaire de l'insertion apparente des appendices. Dans cette théorie, le calice du Chèvrefeuille normal comprend, outre les petits lobes verts qui surmontent l'ovaire et qui seuls persistent ici, une portion confondue avec l'ovaire. Quand les pièces correspondant au pistil s'insèrent sur le réceptacle au même niveau que les trois verticilles plus externes ou à un niveau supérieur (l'une de ces alternatives est réalisée dans chacune de nos fleurs monstrueuses), la portion du calice soudant concrescente à l'ovaire est nécessairement affranchie de cette soudure. Elle devrait donc devenir manifeste et s'ajouter aux lobes normalement libres. Comment expliquer son absence? Quelle idée pouvons-nous avoir d'une portion de sépales qui existe virtuellement quand le mode de développement du pistil

l'empêche de manifester sa présence, mais qui n'existe plus du tout quand cette sorte d'obstacle disparaît? Ne réunit-elle pas tous les caractères auxquels on reconnaît les produits de l'imagination des théoriciens? Si l'on m'accorde que la portion libre du calice des *Lonicera* constitue tout le calice, il est clair que, dans les fleurs décrites dans cette notice, le calice est normal.

COROLLE. — La corolle est normale pour le nombre des pièces, et pour leur disposition en un tube bilabié. Une seule fois (VIII), j'ai observé une apparence de dialyse. D'après Moquin-Tandon (1), la séparation des lobes de la lèvre postérieure est fréquente dans la corolle des *Lonicera*: « Il y a des fleurs, dit-il, où cette anomalie n'affecte qu'un seul lobe; on en trouve d'autres où elle agit sur tous..... Dans certaines circonstances le phénomène s'effectue dans toute l'étendue de l'organe et la corolle n'est plus gamopétale. » Dans la fleur dont il s'agit, le lobe marginal gauche de la lèvre postérieure était isolé jusqu'à la gorge, de manière à simuler une seconde lèvre monophylle à côté de l'antérieure. Il fut pourtant aisé de distinguer la dialyse accidentelle de la séparation normale. Dans cette fleur comme dans un certain nombre d'autres, les marges du pétale antérieur et la marge contiguë des deux pétales voisins formant le bord de la lèvre postérieure étaient rehaussées d'un liseré d'un ton vif de carmin. Ce liseré faisait défaut sur les bords de la fissure insolite. Voilà pourquoi je disais que la dialyse était seulement apparente.

Assez souvent la corolle est absolument normale dans sa coloration jaune chamois avec ou sans bandes carminées (I, IV, V, XXIV). Sur certaines inflorescences on trouve à peine des exceptions. La virescence, qui formait la caractéristique essentielle du cas de Morren, est complète dans quelques exemplaires (VII, X); elle s'accompagne d'un raccourcissement de la fleur, d'une déformation, d'un contournement des deux lèvres. Les corolles vertes étaient généralement velues, tandis que, pour Morren, « aucune n'offre de système glandulaire et poilu ». Les pétales ne revêtaient jamais plus complètement les caractères de la feuille. Nous avons donc bien l'anomalie à laquelle Morren réserve le nom de *virescence* pour la distinguer d'une différenciation plus complète en

1. MOQUIN-TANDON, *Éléments de tératologie végétale*. Paris, 1841, p. 301.

feuille (phylломorphie, frondescence, phylloдие des auteurs). Toutefois, je considère la virescence comme un premier degré d'adaptation du phylloме au rôle de la feuille. Le plus souvent les corolles vertes ont les marges des deux lèvres bordées de la ligne carminée signalée plus haut (VIII, XI à XVII). Rarement le bord des lèvres est blanchâtre (IX).

Les corolles vertes et les corolles jaunes et odorantes sont associées dans une même inflorescence, quoique l'un des types tende à prédominer. Entre les formes extrêmes, on trouve de nombreux intermédiaires. Ici le tube a la couleur des feuilles (XVIII, XIX, XX, XXIII); là les lèvres jaunes et odorantes sont légèrement panachées de bandes vertes (II, III). Enfin les tons propres à la corolle et la couleur de la chlorophylle se mélangent intimement et la corolle présente une teinte uniforme d'un jaune verdâtre (VI, XXI, XXII).

L'anomalie des corolles se résume dans une tendance très inégalement réalisée à la virescence.

TROISIÈME VERTICILLE CORRESPONDANT A L'ANDROCÉE. — Bien que le troisième verticille soit à peu près constamment formé de pièces correspondant aux étamines normales par le nombre et par l'alternance avec les pétales, ainsi que par les anthères introrsées, je n'ai pas observé une seule fleur où il reproduisit sans altération le type de l'androcée. Ces anomalies se ramènent à la réalisation plus ou moins complète de deux tendances qui, toutes deux, visent à donner à l'androcée les caractères de la corolle : c'est d'abord l'avortement des sacs polliniques et le développement corrélatif de languettes, colorées comme les pétales normaux, ou virescentes comme les corolles monstrueuses; c'est ensuite la soudure des diverses pièces entre elles. La première intéresse essentiellement les anthères, la seconde les filets.

A. *Anomalies des anthères.* — Rarement les cinq anthères sont égales et dorsifixes (I, XXI, XXII, XXIV). Dès que la moindre réduction frappe l'anthère, le filet se dilate au sommet et se continue directement avec le connectif (V). Quand le sommet du filet fait un pas de plus dans la voie de la pétalisation en s'aplatissant davantage, deux cas se présentent : ou bien l'élargissement porte sur les parties latérales et l'anthère est logée entre deux lobes arrondis rappelant les pointes qui terminent le filet



des *Albuca* (VI), ou bien il intéresse la région médiane et le filet se prolonge en un large connectif qui rejette sur les marges les sacs polliniques étroits (VII). Le connectif peut même surmonter les loges d'un prolongement arrondi (XIII), ou, si les sacs polliniques sont encore plus réduits, d'une languette aiguë, comme dans les Liliacées du genre *Stemona*, dans les *Paris*, dans les Composées, les Apocynées, les Nymphéacées, etc. (XII). Parfois les deux anomalies se balancent dans les étamines d'une même fleur (IX). Si les deux anomalies se combinent, l'étamine entière prend la forme d'une spatule ; les deux loges sont appliquées à la face ventrale de la lamelle sans se toucher au milieu et sans atteindre les bords (III). Elles se réduisent enfin à des renflements ponctiformes (IX). Au degré suivant, l'étamine stérilisée est remplacée par une lame pétaloïde.

Quelquefois (X) toutes les pièces du troisième verticille, quoique stériles, gardent l'insertion des étamines, et leur base étroite rappelle les filets indépendants. Le filet s'élargit au sommet ; les parties latérales forment des lobes arrondis de chaque côté d'une petite pointe lavée de vert, vestige du connectif dépouillé de ses sacs polliniques. Plus souvent, les pièces stériles prennent la forme des lobes de la corolle ou de languettes plus étroites (comme dans les fleurs observées par Morren). Elles empruntent aussi à la corolle normale la couleur, la texture, le parfum, ou bien elles offrent une certaine virescence, moins accusée, alors, que dans le second verticille des mêmes fleurs.

Dans les fleurs vertes à étamines fertiles ou simplement réduites, la virescence se maintient fréquemment dans l'étamine entière et dans le connectif prolongé en pointe au-dessus des loges polliniques.

B. *Anomalies des filets*. — Comme dans les monstres étudiés par Ch. Morren, l'anomalie la plus constante de l'androcée consiste dans un raccourcissement des filets, qui se dégagent de bonne heure de la corolle et qui sont faiblement exserts. La concrescence avec la corolle est variable pour les divers filets d'un même androcée.

Dans les étamines les moins modifiées, ils sont aussi souvent verts et velus (VII, XIV à XVII) que jaunâtres et lisses (I, V, VI, XXI, XXII, XXIV).

Libres de toute connexion avec les verticilles extérieurs, à un

niveau où la corolle forme un tube étroit, ils sont bien plus rapprochés les uns des autres que dans les fleurs normales. De là vient une tendance si marquée à la gamophyllie, qu'à peine ai-je pu relever des exemples de filets isolés, dans un cas de fleur presque normale (VI) et dans un autre cas où les étamines stériles étaient atténuées en un pétiole très étroit (X). Partout ailleurs j'ai noté divers degrés d'union, depuis la soudure d'une seule paire de filets (XXIV) jusqu'à la monadelphie. Quelques fleurs avaient tous les filets soudés en un tube clos atteignant le voisinage des anthères. Dans un cas, une paire d'étamines était même synanthérée (XXIII) ; dans d'autres, au contraire, le tube n'avait guère qu'un millimètre et laissait le reste des filets indépendant (VII). On trouve aussi un tube interrompu par une fissure, soit médiane et antérieure (II), soit latérale (V). Ce cas est relié au précédent par celui où les filets, longuement unis par quatre sutures, laissent en avant un intervalle qui ne s'étend pas tout à fait jusqu'à la base : en sorte que l'androcée rappelle une corolle ligulée.

Plus souvent les étamines sont diadelphes ou triadelphes. Toutes les combinaisons possibles ont été observées. La triadelphie répond au type des Cucurbitacées avec deux paires d'étamines et une cinquième indépendante. Celle-ci est tantôt postérieure (I), tantôt postéro-latérale (XXII), tantôt antéro-latérale (XXI). Elle est encore réalisée par un faisceau de trois étamines et deux étamines isolées. Je n'ai relevé qu'un exemple de ce groupement. Encore était-il imparfait, car l'une des deux étamines antérieures contractait une légère soudure avec la lèvre postérieure formée de trois étamines. C'était donc un passage vers la diadelphie (XV).

On trouve souvent quatre étamines réunies par les filets. La cinquième, formant une seconde lèvre monophylle, est quelquefois postérieure. Dans ce cas l'analogie avec une corolle retournée est frappante. Dans un exemple de ce genre, les étamines n'étaient pas toutes également bien conformées (XII). A partir de l'étamine postérieure et solitaire qui était à peu près normale, à la virescence près, les deux paires suivantes offraient une progression symétrique dans l'élargissement du connectif vert et dans son prolongement en apicule vert. Les loges des anthères décroissaient d'autant plus que les filets étaient moins indépendants.

Mais une telle symétrie n'est pas constante, car l'étamine unique de la seconde lèvre, au lieu d'être opposée à la lèvre simple de la corolle, est parfois postéro-latérale (IX) ou antéro-latérale (VIII).

Des passages relient cette disposition à la monadelphie, quand une faible union s'établit, au moins d'un côté, entre l'étamine libre et la base du faisceau de quatre étamines longuement concrescentes (XVI, XVII). Ces transitions vers la monadelphie s'effectuent aussi bien quand l'étamine la plus indépendante est médiane (XVII) que quand elle est latérale (XVI).

Enfin la dernière combinaison est la diadelphie réalisée par les groupements de trois et de deux étamines. Quand la petite lèvre comprend les deux étamines antérieures (XIII), la symétrie bilatérale de la corolle se poursuit dans l'androcée bilabié. Cette localisation n'est pas constante (XIV).

Un cas particulièrement intéressant tient de ce dernier et de la monadelphie : c'est celui dans lequel l'androcée forme un tube étroit, terminé par une lèvre postérieure à trois pièces et une lèvre antérieure, diphylle. Dans un premier exemplaire (XX), les trois filets de la lèvre postérieure, soudés presque jusqu'en haut, sont surmontés d'anthères bien conformées, différant seulement du type par leur insertion basifixe. Les filets de la lèvre antérieure sont séparés par une fissure de deux millimètres ; ses connectifs sont également élargis et les loges rétrécies. La symétrie bilatérale est parfaite. Dans un second exemplaire (IV), la disposition générale et la symétrie sont les mêmes. Mais la stérilisation est plus avancée : les trois étamines postérieures sont déjà spatulées, et celles de la lèvre antérieure n'ont plus que des logettes ponctiformes. Ce dernier degré d'atrophie se retrouve dans la lèvre postérieure d'un troisième exemplaire (III), tandis que la lèvre antérieure est réduite à une seule languette par la concrescence complète de deux étamines. Entièrement stérile, cette lame pétaloïde dépasse longuement la lèvre postérieure. Cet androcée monstrueux rappelle l'état normal de la corolle des *Weigelia*, rendue tétramère par la concrescence des deux pétales postérieurs. Dans ces trois fleurs, l'androcée est bilabié et symétrique par rapport au même plan que la corolle. Par suite de l'alternance des pièces d'un cycle à l'autre, la lèvre postérieure comprend trois pièces, l'antérieure deux pièces, tandis que ces nombres sont respectivement quatre et un dans la corolle.

La symétrie bilatérale est encore acquise d'une autre manière. Dans une fleur monadelphie (XI), le tube staminal, dégagé de la corolle à un millimètre au-dessus de l'insertion du calice, est fendu en avant et terminé par cinq languettes linéaires partant toutes d'un même niveau. Chacune de ces languettes porte sur la marge un mince bourrelet, seul vestige des loges à pollen. Seules les languettes contiguës à la fissure antérieure portent, sur la marge interne qui limite cette fissure, des moitiés d'anthères bien conformées, tandis que, sur la marge externe, la loge est aussi rudimentaire que dans les trois étamines postérieures.

Dans un autre cas de monadelphie (II) où l'échancrure antérieure, plus profonde que les autres de deux millimètres, laissait néanmoins, même à ce niveau, le tube fermé sur une longueur de quatre millimètres, toutes les pièces de l'androcée se terminaient en lanières stériles. Cependant celle qui limitait à gauche la fente du tube portait une anthère normale. Une seule étamine avait profité de l'espace laissé par le voisinage de la fente pour prendre son complet développement. La symétrie n'existait donc pas comme dans l'exemple précédent. Cette altération dans la symétrie de l'androcée coïncide avec une soudure inégale entre la corolle et les divers filets. Les deux filets opposés à l'étamine fertile sont appliqués au tube de la corolle, comme des pilastres, jusqu'à une hauteur de quinze millimètres, tandis que les autres filets sont indépendants des pétales. De cette façon l'étamine affranchie le plus complètement de la corolle est seule fertile, et la symétrie bilatérale de l'androcée n'est altérée que par un compromis entre ses deux sortes de rapports avec la corolle : rapports de soudure et rapports phyllotaxiques (II).

J'ai rencontré aussi des androcées à tube bilabié, dont une des lèvres comprenait une seule pièce : ce qui répond à la disposition de la corolle. Ils se rattachent directement aux cas de diadelphie cités plus haut, dans lesquels une étamine était indépendante. Une fois (IX) la lèvre simple était représentée par une languette stérile, postéro-latérale. Les quatre autres filets étaient cohérents entre eux jusqu'à une distance des anthères variant d'un millimètre à un millimètre et demi. Sous l'insertion des anthères basifixes, le filet est élargi. La dilatation, à peine sensible dans l'étamine placée à gauche de la lèvre stérile, croît dans les étamines suivantes. Sur le bord opposé de la lèvre, l'excroissance de l'étamine

postérieure est assez accusée pour simuler un lobe complémentaire atteignant presque le tiers de la longueur de l'anthère. Les connectifs se prolongent au-dessus des sacs polliniques en une languette pointue, courte dans l'étamine postérieure, de plus en plus longue et recourbée à mesure que la dilatation terminale du filet devient moins apparente.

Enfin le troisième verticille est identique à la corolle (VIII), quand les deux lèvres sont également dépourvues de tout vestige d'anthères. J'ai observé cette disposition dans la fleur pourvue à la corolle d'une lèvre antérieure surnuméraire. La lèvre simple de l'androcée alternait avec les deux lèvres simples de la corolle; elle était donc antéro-latérale. La symétrie se trouvait ainsi rétablie, mais dans un plan oblique, pour l'ensemble des trois premiers cycles. L'androcée reproduisait mieux que le deuxième verticille floral les caractères d'une corolle typique, car ses lobes jaunes et odorants étaient à peine lavés de vert au sommet, tandis que la corolle était virescente et la disposition bilabiée n'avait pas subi la même altération que dans la corolle.

Dans quelques-uns des monstres étudiés par Ch. Morren, « l'androcée se montre entre les lèvres de la corolle verdie comme formé de lames plus ou moins nombreuses.... Ordinairement on voit une de ses lames se détacher du côté de la lèvre unilobée de la corolle verdie. » C'est bien l'anomalie que je viens de décrire, à cela près que la lèvre simple, conservant son alternance avec les pétales, n'est pas superposée à la lèvre antérieure de la corolle, comme le laisse entendre le botaniste belge, mais fait avec elle un angle de  $36^\circ$ , et que les lames, au lieu d'être plus ou moins nombreuses, remplacent simplement les cinq étamines typiques. Ce déplacement de  $36^\circ$  du plan de symétrie devient la règle dans les genres *Trigonia*, *Tapura*, *Ravenia*, *Ticorea* (1).

Toutes ces anomalies du troisième verticille marquent divers degrés dans l'acheminement de l'androcée vers l'organisation de la corolle, en stérilisant les anthères, en dégagant les étamines du tube corollin, en soudant la base des filets en tube, en groupant leur sommet en lèvres et en leur donnant la forme, la texture, le parfum des pétales.

---

1. BAILLON, *Botanique médicale*, p. 195 et 198.

*Modifications dans le nombre des pièces du troisième verticille.*

α) *Augmentation.* — Dans certains exemplaires, les étamines régulièrement décroissantes décrivent une spirale prolongée par les pièces du quatrième verticille. Les limites de l'androcée manquent alors de netteté, et l'on serait tenté de lui attribuer des pièces sur-numéraires qui, en réalité, appartiennent au rang des carpelles (XXIII). Cette cause d'erreur n'existait pas pour les exemplaires dont nous devons à Ch. Morren la description suivante : « L'androcée forme une seconde corolle réunie en tube en bas et se divisant en lanières plus ou moins nombreuses, mais qui rappellent encore, dans leur ensemble, les lèvres polylobes et monolobes des corolles. » (\*) D'après la figure 5 de la planche annexée au même Mémoire, les lobes de l'androcée, s'élevant au nombre de huit, sont groupés en cinq faisceaux dont les lobules ne dépassent pas le nombre trois. Sans avoir observé une fissure aussi profonde, j'ai rencontré des androcées qui montrent la première ébauche et par suite l'origine de cette anomalie. Les lobules latéraux correspondent aux dilatations terminales du filet, débordant de chaque côté l'anthere quand celle-ci présente un début d'atrophie. Le lobe médian, dans le cas de trifurcation, n'est autre que le vestige pétalisé du connectif. Dans tous mes exemplaires (VI, IX, X), il était impossible de méconnaître que les trois lobules dépendent d'une même pièce, lors même que le pollen faisait entièrement défaut dans le lobule médian. Une fois pourtant (II), les étamines étaient remplacées par des languettes linéaires; la postérieure émettait une languette latérale de même forme, mais de dimension moindre, que l'on aurait pu prendre pour une pièce surajoutée, si ses connexions n'avaient permis d'y voir encore un appendice du sommet du filet escortant l'anthere pétalisée. Cette ramification est donc l'effet d'une transformation incomplète de l'étamine en pétale; elle représente un état intermédiaire entre l'androcée primitif et la corolle supplémentaire qui finit par en prendre la place. Par conséquent la multiplication des lobes de l'androcée est réductible à un phénomène de découpage. L'existence de pièces surajoutées aux cinq étamines normales ne me paraît démontrée, ni dans le cas de Morren ni dans les miens.

β) *Réduction.* — La réduction des pièces a été indiquée plus

1. *Loc. cit.*, p. 130.

haut pour un cas d'androcée pétaloïde où les deux pièces antérieures étaient confondues en une lèvre unique (III). Enfin l'androcée manquait totalement à deux de mes fleurs (XVIII, XIX), car les trois pièces du troisième verticille sont apparemment les équivalents des carpelles.

En somme les déviations numériques des pièces de l'androcée se réduisent à une proportion insignifiante.

QUATRIÈME VERTICILLE CORRESPONDANT AU PISTIL. — A. *Pétalodie et virescence des pièces du quatrième verticille.* — Les pièces du quatrième verticille sont souvent représentées par des languettes stériles. Leur situation les prédispose à l'étiollement ; les transformations chimiques dont la fleur est le siège tendent à leur assigner l'organisation des pétales. Elles sont de couleur blanc jaunâtre ou rosée, non seulement quand la corolle est normale ou légèrement lavée de vert (II, XVIII), ou teintée par un mélange intime et uniforme des tons vert et jaune (XXI), mais même quand la corolle est pleinement virescente (VIII). Dans ce dernier cas, l'androcée offre une coloration intermédiaire. Dans un exemplaire (XIX) où la corolle très ouverte laissait sortir sur une grande longueur les lanières du quatrième verticille privées de la protection de l'androcée absent, ces lanières, comme la corolle, étaient faiblement panachées de vert. C'est seulement quand la fleur est uniformément envahie par la chlorophylle, que le quatrième verticille devient, soit d'un vert foncé (XI), soit d'un ton jaune verdâtre.

Les pièces pétaloïdes sont rarement isolées, par exemple quand l'absence d'androcée leur laisse le champ libre (XIX). Le plus souvent elles sont soudées en un tube clos surmonté de lobes plus ou moins allongés (II, VI, XVIII, XXII). Parfois le tube est fendu jusqu'à la base par la suppression de l'une quelconque des trois sutures.

B. *Développement d'anthères sur les pièces du quatrième verticille.* — Nous avons vu plus haut (X) une fleur dans laquelle les pièces du troisième verticille, insérées comme les étamines et libres comme elles, se terminaient en un élargissement spatulé comprenant deux lobes latéraux arrondis et une petite pointe médiane verdâtre sans pollen. Deux pièces semblables représentaient le pistil de la même fleur ; elles marquaient de même un passage

entre l'étamine et le pétale. Le quatrième verticille, affranchi de la tendance à évoluer en pistil, associe son évolution à celle du troisième verticille ; il forme un androcée supplémentaire subissant les mêmes altérations que l'androcée normal.

Cette interprétation est confirmée par les exemples dans lesquels les pièces du quatrième verticille portent de véritables anthères. Ces exemples sont les plus nombreux : sur une statistique de vingt-quatre cas, dont il faut défalquer deux fleurs qui avaient l'androcée stérile et deux qui manquaient d'androcée, nous en trouvons treize où le quatrième verticille porte du pollen, contre six où ses pièces sont pétaloïdes, et un où il est constitué comme le précédent par des étamines reconnaissables, bien que dépourvues de pollen.

Dans plusieurs fleurs (III, IV, XIII), les sacs polliniques de cette région étaient mieux conformés que ceux de l'androcée normal. Cette supériorité s'observe, et dans les fleurs dont l'androcée n'est aberrant que par l'insertion basifixe et par une certaine gamophyllie (XIII), et dans les fleurs qui ont l'androcée presque stérile dans tout (III) ou partie (IV) de ses pièces.

Comme celles du troisième verticille, les pièces pollinifères du quatrième présentent parfois un degré d'atrophie inégal : l'une d'entre elles est munie de sacs polliniques, tandis que les autres sont stériles (VI) ; la première n'a plus que des loges linéaires, tandis que les autres ont des anthères bien conformées (I) ; elles sont semblables pour la structure, mais différentes pour la taille (XVII, XXIII, XXIV). Ces variations sont plus rares que dans l'androcée, sans doute parce que la tendance à former deux lèvres est ici moins marquée.

Dans la majorité des cas, les trois étamines se ressemblent : qu'elles soient un peu dorsifixes et semblables au type de l'espèce (IV, XIII) ou simplement modifiées par l'insertion basifixe (III) ; que les connectifs s'élargissent tout en laissant l'insertion dorsifixe et en donnant à l'anthère une forme sagittée (V) ; ou enfin que les loges polliniques soient refoulées sur les marges par un connectif prolongé en languette apiculée (IX, XII).

CINQUIÈME VERTICILLE. — Le cinquième verticille était représenté dans quatorze fleurs sur vingt-quatre. Je n'en ai pas trouvé la moindre trace dans les fleurs dont l'androcée est entièrement



transformé en pièces pétaloïdes et dépourvues de pollen (VIII, X). Quand l'androcée est avorté et que le verticille suivant est pétaloïde, le verticille correspondant au cinquième, tantôt fait défaut (XIX), tantôt est indiqué par quelques rudiments (XVIII). Dans ce dernier cas, c'est la seule partie pollinifère de la fleur.

Le cinquième verticille avorte, faute de place, quand le quatrième est très réduit et représenté, soit par une languette (XXI) ou un tube stérile (XXII), soit par une ou deux étamines (XXIV).

Sauf dans ce cas d'atrophie marquée, l'organisation du quatrième verticille a peu d'influence sur le développement du cinquième. Celui-ci existe à la suite de carpelles pollinifères aussi bien que de carpelles entièrement pétalisés. Dans le premier cas, la distinction des deux verticilles est parfois laborieuse, car les étamines internes, longuement concrescentes avec les étamines du quatrième verticille, peuvent s'intercaler à ces dernières et en devenir indistinctes (XXIII) ou former avec elles une spirale continue. Quand, au contraire, le quatrième verticille est pétaloïde, les pièces du cinquième contrastent avec elles puisqu'elles portent des anthères. Le cinquième verticille offre avec le quatrième les mêmes rapports que l'androcée avec la corolle. A peine pourrions-nous citer une exception; encore est-elle incomplète. Dans une fleur entièrement verte (XI), dont les sacs polliniques étaient très réduits dans le verticille des étamines normales, le tube trilobé représentant le quatrième verticille portait dans son intérieur, outre trois étamines, une languette semblable à ses propres lobes.

Les pièces du cinquième verticille sont donc à peu près constamment pollinifères. Elles le sont souvent à l'exclusion des languettes qui les précèdent (XVIII) ou bien leurs anthères sont mieux conformées que celles de ces derniers (VI, XI). Bien plus, les plus parfaites d'entre elles sont mieux organisées qu'une partie des étamines du troisième verticille, c'est-à-dire de l'androcée normal (III, IV). On a même vu les sacs polliniques se perfectionner progressivement à partir de l'androcée, dans une fleur (III) où le troisième verticille comprenait trois spatules à loges rudimentaires et deux pièces soudées en une languette absolument stérile, où le quatrième portait trois anthères parfaites, mais basifixes, tandis que, des pièces du cinquième verticille, la première était une étamine dorsifixe conforme au type, la seconde,

encore dorsifixe avait la base de l'anthère courbée en S; les deux autres, petites et tortillées par compression, étaient pourtant chargées de pollen. Dans une autre fleur (IX), une pièce du troisième verticille était stérile; les quatre autres, ainsi que le quatrième verticille, avaient les connectifs prolongés en languettes. Les appendices plus profonds étaient petits, mais parfaitement conformés et dorsifixes. Dans une fleur (XVIII) où le troisième verticille faisait défaut, où le quatrième était représenté par un tube surmonté de trois lobes stériles et semblable à une corolle gamopétale, les appendices internes étaient, de toute la fleur, les seules parties chargées de pollen.

PHYLLOMES SUPÉRIEURS AU CINQUIÈME VERTICILLE. — Nous trouvons une fois (V) un petit cylindre vert au milieu du cinquième verticille; c'est un prolongement de l'axe sur lequel on ne distingue pas de nouveaux appendices. Deux fois (XV et XX) le cinquième verticille comprend cinq pièces inégales, dont deux doivent être attribuées à des appendices d'ordre plus élevé intercalés entre les étamines propres à ce verticille. Il en est de même de la quatrième pièce logée sur le même rang dans la fleur VI. Dans un autre spécimen (VII), outre cinq pièces de même valeur que dans les cas précédents, on trouve un rudiment d'étamine se dégageant vers l'intérieur du dernier tube. Enfin dans deux fleurs (XII et XIII), le cinquième verticille, régulièrement formé de trois étamines soudées en tube, renferme deux petites pièces où l'on reconnaît, malgré leur jeunesse, la forme des anthères.

Les traits les plus saillants des anomalies qui viennent d'être décrites sont les suivants :

Suppression de l'ovaire infère.

Allongement éventuel du réceptacle en un entre-nœud sépalopétalaire, parfois en une tige grêle qui dépasse l'insertion des derniers appendices.

Tendance à la production d'un nombre indéfini de phyllomes verticillés ou spiralés, qui a pour terme l'épuisement du système. Cet épuisement est tantôt plus précoce, tantôt plus tardif qu'à l'état normal.

Le calice est normal.

La corolle reste bilabiée. La virescence, qui peut envahir toute

la fleur, fait rarement défaut à la corolle, mais y présente tous les degrés.

L'androcée revêt à divers degrés les caractères de la corolle : par la disparition du pollen, par la soudure de la base de ses pièces en tube, par la transformation de leur sommet en lobes pétaloïdes.

Le quatrième verticille, tenant la place du pistil, ne forme ni cavité close comparable à un ovaire, ni style, ni stigmates, ni appendices marginaux homologues des ovules. Tous les caractères essentiels ou accessoires de l'organe femelle font défaut.

Sauf de rares exceptions limitées aux cas d'avortement de l'androcée, les pièces du quatrième verticille sont, comme l'androcée lui-même, unies en un tube complet ou fendu à la façon d'une corolle ligulée. Elles revêtent les caractères des étamines ou offrent les divers degrés de dégradation qui établissent le passage de l'androcée à la corolle.

Les pièces du cinquième verticille sont organisées en étamines. Quoique souvent réduites, elles sont peu prédisposées à dégénérer en pétales.

Quand l'accroissance de l'axe permet le développement de verticilles floraux d'ordre supérieur au cinquième, ceux-ci sont formés d'étamines.

L'épuisement de la végétation arrête souvent l'évolution des étamines des verticilles internes ; mais la tendance à revêtir les caractères des pétales s'amointrit à mesure qu'on s'éloigne de la véritable corolle. Les pièces du sixième verticille ne présentaient pas trace de pétalisation. Au contraire, la tendance à s'organiser en étamines, moins contrariée, au sommet de la fleur, par la tendance à évoluer en pétales, permet aux anthères de revêtir des caractères de structure et d'insertion d'autant plus voisins du type normal, que l'on considère des pièces plus éloignées du cycle correspondant à l'androcée des fleurs ordinaires.

Ainsi que nous l'annoncions au début de cette note, les déviations provoquées par les Pucerons dans l'organisation des fleurs du Chèvrefeuille vulgaire ont pour principe la castration des organes femelles et l'androgénie des phyllomes plus ou moins nombreux qui héritent des matériaux rendus disponibles par la suppression des fruits.

## Explication des figures.

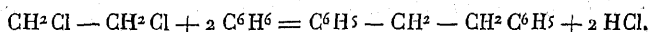
La planche I donne les diagrammes des vingt-quatre fleurs anormales de *Lonicera Periclymenum*. Les numéros renvoient au texte.

La planche II donne la coupe théorique d'une fleur A, à réceptacle allongé, et d'une fleur B à réceptacle concave. Les autres figures représentent des détails empruntés aux diverses fleurs. Chacune d'elles est accompagnée d'un chiffre romain renvoyant au diagramme. Le chiffre arabe qui suit indique le verticille auquel appartient la pièce dessinée.

## Séance du 17 novembre 1904.

## Action du bromure d'éthylène sur la benzine, en présence de chlorure d'aluminium, par M. GIRARDET.

Lorsqu'on fait agir du chlorure d'éthylène sur de la benzine, en présence de chlorure d'aluminium, on obtient très facilement du dibenzyle, d'après la réaction :



Le rendement est presque quantitatif, il y a seulement formation d'un peu d'éthylbenzine, de triphénylméthane et d'un carbure cristallisable, distillant au-dessus de 285°.

Silva<sup>(1)</sup>, qui a signalé la présence de ces divers composés, ne s'étend pas davantage sur ce dernier corps.

Si l'on substitue le bromure d'éthylène au chlorure, il semble que la réaction devrait se passer d'une façon identique, en raison de la similitude de constitution du bromure d'éthylène  $\text{CH}_2\text{Br} - \text{CH}_2\text{Br}$  et du chlorure d'éthylène  $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2\text{Cl}$ .

Or, la réaction subit une modification profonde : on recueille bien encore une assez forte proportion de dibenzyle, mais on trouve à côté de lui 30 à 35 p. 100 d'un carbure solide, blanc, beaucoup moins soluble dans l'alcool, fusible à 59° et distillant dans le vide 100° environ au-dessus du dibenzyle.

De plus, il se forme d'assez grandes quantités de carbures huileux, à consistance visqueuse, à point d'ébullition dépassant 300° dans le vide.

1. SILVA, *Bulletin de la Société chimique*, 1881, t. XXXIV, p. 673, et t. XXXV, p. 25.

Je me suis proposé d'étudier le processus de cette réaction, et de préparer à l'état pur le carbure qui accompagne le dibenzyle, ainsi que ses principaux dérivés. Enfin, d'établir, si possible, sa formule de constitution.

*Préparation du carbure fusible à 59°. Influence du mode opératoire sur le rendement.* — J'ai d'abord cherché le meilleur mode de préparation du carbure, et les circonstances favorables à sa formation. J'ai donc étudié méthodiquement l'influence de la pression, de la température, du temps, des proportions relatives des corps réagissants, et de la substitution du bromure au chlorure d'aluminium.

Je suis arrivé au résultat suivant : pour obtenir un bon rendement, il faut introduire très lentement le bromure d'éthylène dans un très grand excès de benzine, placée sur une masse assez considérable de chlorure d'aluminium. On agite très fréquemment, pour favoriser le contact, et on évite soigneusement toute élévation de température. Il se forme une huile brune et dense, qui ne tarde pas à recouvrir le chlorure d'aluminium. *Ce contact est nécessaire à la production du corps cherché.*

Lorsque la quantité d'huile brune n'augmente plus, et qu'il n'y a plus de dégagement gazeux, même dans le vide, l'opération est terminée.

On sépare l'huile brune de la solution benzénique surnageante, qui contient presque tout le dibenzyle. On la décompose peu à peu par l'eau, et la solution benzénique obtenue est soumise à la distillation.

Quant à la benzine chargée de dibenzyle, elle peut servir telle quelle à une nouvelle préparation, la présence de dibenzyle ne nuisant pas à l'opération. Le chlorure d'aluminium restant d'une opération antérieure est bien décapé et particulièrement apte à réagir. Il vaut mieux ne pas le pulvériser.

La substitution du bromure d'aluminium au chlorure ne produit aucun changement.

En définitive, je me suis arrêté au mode opératoire suivant :

Dans un grand flacon de quatre litres, fermé par un bouchon de caoutchouc muni d'un entonnoir à boule et d'un tube à dégagement, j'introduis 250 grammes de chlorure d'aluminium fraîchement préparé et environ 2 000 grammes de benzine pure.

Le tube à dégagement est relié à une trompe, par l'intermédiaire d'un flacon laveur contenant une lessive alcaline.

Au début de l'opération, on produit une légère aspiration à l'aide de la trompe, et on introduit peu à peu, en deux heures environ, 250 grammes de bromure d'éthylène.

On agite fréquemment et fortement, et, après la dernière introduction, on augmente peu à peu le vide, jusqu'à arriver au vide complet.

Lorsque tout dégagement gazeux a cessé, on laisse rentrer l'air, sépare le liquide du chlorure en excès et le décompose par l'eau.

La solution benzénique obtenue est lavée plusieurs fois à l'eau, puis séchée sur du carbonate de potasse sec. On la soumet ensuite à la distillation au bain-marie pour retirer la majeure partie de la benzine, et enfin le résidu est distillé dans le vide.

Sous 20 millimètres, le dibenzyle passe à 150-155°. Puis le thermomètre monte, et, lorsqu'il atteint 200° environ, on interrompt, pour changer de récipient. A 255-260°, il passe régulièrement un corps blanc, légèrement jaunâtre, d'aspect très différent de celui du dibenzyle. Il forme une huile épaisse, qui ne tarde pas à se concréter dans le récipient en masses mamelonnées. Dès que le thermomètre a atteint 270°, on interrompt la distillation.

Il reste dans le rectificateur une quantité notable de produits liquides, qui sont des hydrocarbures à point d'ébullition supérieur à 350° dans le vide.

Avec les proportions indiquées, on obtient en moyenne 135 grammes de dibenzyle et 45 grammes de carbure brut.

Le rendement théorique, calculé en dibenzyle, est de 240 grammes.

*Purification du carbure brut.* — Le produit ainsi obtenu fond de 42 à 52° suivant les circonstances.

Pour le purifier, la rectification est insuffisante. Il faut, au préalable, le dissoudre dans de l'éther, auquel on ajoute peu à peu de l'alcool, jusqu'à commencement de trouble. On abandonne ensuite au repos, dans un vase ouvert, et recueille les croûtes cristallines formées.

Celles-ci sont essorées avec soin, puis rectifiées dans le vide, à 245°, sous 20 millimètres. Le produit distillé renferme encore des traces de carbures liquides à la température ordinaire, et qui

abaissent notablement son point de fusion. Pour l'en séparer, il faut le dissoudre dans l'alcool méthylique chaud, et laisser refroidir lentement : on obtient un dépôt abondant de paillettes nacrées d'un blanc très pur, que l'on essore et sèche dans le vide.

Fondues, elles abandonnent souvent un peu d'alcool méthylique, qu'elles retenaient énergiquement ; leur point de fusion est  $59^{\circ}$ .

L'évaporation spontanée d'une solution méthylique saturée à froid donne de très belles lames transparentes, en forme de parallélogramme. Mais aucun dissolvant et aucun tour de main ne m'ont donné des cristaux mesurables.

*Analyse du carbure et poids moléculaire.* — Ce corps, soumis à l'analyse organique, a été trouvé renfermer :

Carbone . . . . .	92,32 p. 100	} (moyenne de six analyses).
Hydrogène . . . . .	7,60 —	

Il appartient donc, comme le dibenzyle  $C^{14}H^{14}$ , à la série des carbures  $C^nH^n$ , qui renferme :

Carbone . . . . .	92,30 p. 100.
Hydrogène . . . . .	7,69 —

Mais le dibenzyle bout à  $150^{\circ}$  dans le vide, et fond à  $51^{\circ}$ . Dans les mêmes circonstances, notre carbure bout à  $245^{\circ}$  et fond à  $59^{\circ}$ . Il doit donc être un homologue supérieur.

Sa facile solubilité dans la benzine (140 p. 100) a permis d'en effectuer commodément la cryoscopie.

On a obtenu, dans trois déterminations, les poids moléculaires :

272,7	279,2	277
-------	-------	-----

Or, le carbure  $C^{11}H^{11}$  dont le poids moléculaire est le plus voisin de ces chiffres, c'est  $C^{22}H^{22} = 286$ .

Nous verrons plus loin que cette grandeur moléculaire est bien celle qui convient à ce carbure.

*Établissement de la constitution du carbure  $C^{22}H^{22}$ .* — Pour déterminer la constitution du carbure  $C^{22}H^{22}$ , je l'ai soumis à l'action des réactifs oxydants, dans le but d'amener une rupture de la molécule, avec production de plusieurs résidus plus simples, de constitution connue.

Pour arriver à ce résultat, j'ai essayé méthodiquement les divers oxydants. La méthode qui m'a donné les meilleurs résultats est la suivante :

Dans un ballon de deux litres, à long col renfermant un réfrigérant, j'ai introduit 150 grammes de dichromate de potasse, 400 grammes d'eau et 400 grammes d'acide sulfurique, puis 20 grammes de carbure.

Le tout a été maintenu en ébullition tranquille pendant deux jours. Au bout de ce temps, tout le carbure, qui formait d'abord une couche huileuse à la surface du liquide, avait disparu, remplacé par des plaques blanches, solides, infusibles par conséquent à cette température.

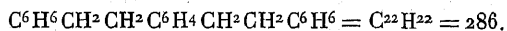
En même temps, le tube réfrigérant s'était entouré d'une gaine de beaux cristaux blancs, brillants, soyeux, longs de plusieurs centimètres.

Ces cristaux, analysés et examinés, furent reconnus être de l'acide benzoïque.

Les plaques solides, recueillies à leur tour, bien lavées à l'eau froide, furent dissoutes dans l'eau ammoniacale, puis reprecipitées par un acide.

On répéta plusieurs fois cette purification. Finalement, les flocons obtenus se montrèrent presque insolubles dans tous les dissolvants. L'analyse de cet acide, et celle de son sel d'argent, ainsi que ses caractères physiques et ceux de son dérivé nitré, ont permis d'établir que c'était de l'*acide téréphtalique*.

Le carbure renferme donc un noyau benzénique relié en para à deux chaînons gras, dont l'oxydation a amené la rupture. De plus, la présence d'acide benzoïque indique que certains chaînons gras sont terminés par un noyau benzénique. En rapprochant ces données de la formule  $C^{22}H^{22}$ , et en tenant compte du mode de génération du carbure en partant du bromure d'éthylène, on trouve que la constitution du carbure est vraisemblablement :



*Étude optique du carbure  $C^{22}H^{22}$ .* — Avant de pousser plus avant l'étude chimique du carbure  $C^{22}H^{22}$ , j'ai voulu contrôler, par la méthode réfractométrique, l'exactitude de la formule proposée ci-dessus pour sa constitution.

On sait que la réfraction spécifique d'une molécule, multipliée



par le poids de cette molécule, constitue ce qu'on appelle la réfraction moléculaire du corps considéré.

Or, cette réfraction moléculaire est la somme des réfractions atomiques des atomes constituant, en tenant compte de l'influence des divers modes d'attache des atomes entre eux. On peut donc la calculer, et constater si elle est identique avec celle que l'on détermine par expérience.

D'après les méthodes et les formules connues, j'ai déterminé la réfraction moléculaire  $M$  du carbure en solution benzénique concentrée. J'ai trouvé :

$$M = 93,97.$$

Et, en calculant, d'après les données numériques connues, la réfraction moléculaire correspondant à la formule proposée, on trouve :

$$M = 93,507.$$

L'accord est donc très satisfaisant.

*Propriétés physiques du carbure  $C^{22}H^{22}$ .* — Paillettes blanc nacré, fusibles à  $59^\circ$  en un liquide incolore un peu fluorescent en bleu, bouillant à  $245^\circ$  sous 15-20 millimètres.

Ce liquide cristallise, par refroidissement, en masses mamelonnées, à structure radiée, analogue à celle de la marcassite.

Cette solidification est accompagnée d'un retrait considérable, qui détache la masse des parois du vase.

Le poids spécifique  $\left\{ \begin{array}{l} \text{à } 0^\circ = 1,1009, \\ \text{à } 16^\circ = 1,0941. \end{array} \right.$

Le coefficient de dilatation entre  $0^\circ$  et  $16^\circ$  est donc  $K_0^{16} = 0,00038$ .

Le poids spécifique du carbure fondu à  $60^\circ$  est  $D_{60} = 0,8645$ .

Cette grande différence entre le poids spécifique du carbure solide et celui du carbure fondu montre que le changement de volume qui accompagne le changement d'état est très considérable. Le calcul indique qu'il est presque égal au quart du volume primitif.

La solubilité du carbure dans certains dissolvants organiques est très grande, en particulier dans l'éther, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, la benzine, le toluène, l'acide acétique.

Il est moins soluble dans l'acétone, l'alcool éthylique, l'alcool méthylique, l'alcool amylique.

J'ai déterminé sa solubilité dans quelques-uns de ces dissolvants :

DISSOLVANT	t	SOLUBILITÉ dans 100 grammes	OBSERVATIONS
Alcool éthylique à 90° . . .	18°	08 <sup>r</sup> ,99	D = 0,905 Id.
	Bouillant	11 ,70	
Alcool méthylique . . . . .	22°	4 ,39	
	Bouillant	14 ,60	
Éther . . . . .	18°	83 ,80	La dissolution est accompagnée d'un fort abaissement de température.
Benzine . . . . .	15°	140 ,10	

**Invasions récentes d'insectes forestiers en Lorraine  
et moyens de les combattre, par M. E. HENRY.**

Dans tout pays bien ordonné, l'agriculture doit s'emparer des sols riches, capables de donner des récoltes rémunératrices, et la forêt ne doit occuper que les terrains inaptes par leurs propriétés physiques ou chimiques ou par leurs conditions topographiques à payer les frais qu'occasionnerait leur culture.

Dans notre Lorraine et même dans tout le nord-est de la France, il en est généralement ainsi.

Depuis fort longtemps, la forêt primitive qui couvrait presque toute notre région au temps de César a été défrichée sur les points qui méritaient de l'être, et l'on peut affirmer aujourd'hui qu'il n'y a plus de forêts qui soient un non-sens économique, occupant à tort une place mieux utilisable par l'agriculture.

On peut même dire que le défrichement a été poussé trop loin.

Dans des moments de grande prospérité agricole, notamment sous le règne de Louis-Philippe où les valeurs mobilières existaient à peine et où toutes les économies se portaient sur la terre dont le prix devint excessif, on défricha, en Lorraine, des centaines d'hectares à la lisière de la forêt primitive qui avait été jusque-là respectée, à juste titre, sur les mauvais sols calcaires, superficiels, secs et filtrants de nos collines. Pendant quelques années, grâce à l'humus accumulé par les siècles de végétation forestière, on y obtint, même sans engrais, de belles récoltes; mais, à mesure que s'épuisait cette réserve nutritive, les produits

fléchissaient et, comme le transport du fumier était fort coûteux sur ces terres généralement éloignées des villages, comme, d'autre part, les conditions faites à la culture devenaient de plus en plus difficiles, ces terres restèrent *friches*, et aujourd'hui on cherche à les remettre en valeur par le boisement.

C'est ce qu'il y a de mieux à faire. Sur des sols qui ont souvent moins de 10 centimètres de terre végétale reposant sur des lits de pierrailles superposés à des bancs de calcaire fissuré, il est tout indiqué de réinstaller la forêt à l'aide des résineux (pin, épicéa, mélèze) si peu exigeants sous le rapport de l'eau et des principes minéraux, sauf, après cette période de transition, à laisser la forêt feuillue spontanée reprendre possession du sol, si l'on y trouve avantage.

On peut procéder soit par semis, soit par plantation. Nous avons indiqué ailleurs (1) les moyens sûrs et économiques employés couramment en Lorraine pour reboiser les friches.

*Coût de la plantation.* — De nombreux exemples fournis par les communes des départements de Meurthe-et-Moselle, de la Meuse, de la Haute-Marne montrent que le prix moyen du reboisement par la plantation ne dépasse pas 80 fr. par hectare.

*Résultats financiers.* — Au bout de trente à quarante ans, on exploite ces pineraies qui rapporteront au moins MILLE FRANCS PAR HECTARE.

Aux exemples que nous avons déjà cités ailleurs nous pouvons ajouter celui des friches communales de la Haute-Marne et notamment de la ville de Chaumont. En raison de l'importance de ces reboisements et de leurs magnifiques résultats financiers, on nous permettra d'entrer dans quelques détails à leur sujet.

Le département de la Haute-Marne, d'une superficie totale de 625 000 hectares, contient 187 000 hectares de forêts, ce qui correspond à un taux de boisement de 30 %, quand le taux moyen de la France n'est que de 17 %. Il comprend 550 communes, dont 406 sont propriétaires de 10 145 hectares de terrains communaux en friche ainsi répartis :

Arrondissement de Chaumont, 195 communes, dont 151 possèdent 3 742 hectares en friche ;

1. Voir mes articles : « Un Reboisement à bon marché » (*Revue des Eaux et Forêts*, 1900, p. 321-329.) — « Communes, reboisez vos friches. » (*Le journal Le Bon Cultivateur* du 2 novembre 1901.)

Arrondissement de Langres, 210 communes, dont 166 possèdent 4 363 hectares en friche ;

Arrondissement de Wassy, 145 communes, dont 89 possèdent 2 040 hectares en friche.

Ces terrains sont généralement situés sur de hauts coteaux dont l'altitude ne dépasse pas 500 mètres en sol calcaire superficiel, sec, filtrant (médio et suprajurassique), éloignés des agglomérations, affectés au pâturage des moutons dont l'importance diminue de jour en jour. Ces pâturages, très médiocres, pourraient être améliorés en beaucoup d'endroits par l'emploi de scories de déphosphoration, par des semis de graines fourragères de bonnes espèces, à la suite de hersages superficiels et surtout par un aménagement du parcours qui permette à ces améliorations de donner tout leur effet utile.

Même en admettant que ces améliorations pussent être réalisées, le maintien de ces friches à l'état de pâture serait loin de procurer aux communes un revenu égal à celui qu'elles peuvent retirer du reboisement de ces grandes surfaces presque improductives.

A cet égard, rien n'est plus instructif et encourageant que les résultats obtenus par la ville de Chaumont.

De 1835 à 1860, la municipalité a fait exécuter, avec plein succès, sur des terrains en friche, disséminés en une vingtaine de parcelles, à sol calcaire, aride, superficiel, des plantations où les essences dominantes sont, suivant les contrées, le pin sylvestre ou le pin noir avec des mélèzes ou des épicéas en mélange. Ces terrains reboisés forment, dans l'ensemble de la forêt communale, une série spéciale d'une contenance de 186 hectares qui a été soumise au régime forestier en 1877. A partir de cette date, on pratique régulièrement, aux endroits les plus denses, des exploitations qui donnent le chauffage annuel des établissements municipaux évalué à 280 stères. En 1887, commencent les exploitations normales à rendement pécuniaire.

De 1887 à 1900, des coupes d'éclaircie parcourent toute la série et produisent une somme de . . . . . 46 975 fr.

De 1901 à 1903, on coupe à blanc étoc 88 hectares; on éclaircit 63 hectares; ces opérations produisent . . . . . 117 210

Total . . . . . 164 185 fr.

Il reste encore à exploiter 98 hectares à blanc étoc et à pratiquer quelques éclaircies avant l'abatage général. Les produits à réaliser progressivement, dans un avenir de vingt à vingt-cinq ans, seront de bien peu inférieurs à ceux déjà réalisés et l'on peut, sans exagération, évaluer à 300 000 fr. la somme totale que ces plantations de résineux pourront procurer à la ville de Chaumont.

En même temps, le sol se trouve considérablement amélioré par les abondants détritiques de la végétation ligneuse. Dans les parcelles voisines des forêts feuillues, un repeuplement complet de chêne, charme, bouleau, hêtre, tremble, érable s'est formé par transport naturel des semences et a pris, à perpétuité, possession du terrain. Dans les autres parcelles éloignées, la régénération artificielle en pins sylvestres viendra parer à la pénurie des semis naturels de résineux. La faveur dont jouissent actuellement les bois de mines <sup>(1)</sup> a donné à ces résineux, surtout aux pins sylvestres et aux mélèzes, une grande valeur commerciale, sans qu'ils aient encore atteint de fortes dimensions en grosseur <sup>(2)</sup>.

---

i. « Lorsque le charbon a été exploité sur une grande échelle et qu'on a pu le faire parvenir, grâce au développement des voies de communication, jusque dans les plus petits villages, on s'est écrié que le bois allait être détrôné et qu'il perdrait sa valeur.

« Chose curieuse ! Alors que le charbon a remplacé le bois comme chauffage, il exige lui-même de plus en plus du bois pour être extrait, à tel point que l'usage de cette matière dans les mines est devenu une question de premier ordre, jouant un très grand rôle dans le calcul du prix de revient. Que de charbonnages achètent du bois pour 200 000, 300 000 et même 400 000 fr. chaque année !

« La quantité de bois nécessaire pour l'extraction du charbon oscille entre 90 cent. et 1 fr. 30 par tonne, soit donc environ 1 fr. 10 en moyenne. En 1902, on a extrait, en Belgique, 23 millions de tonnes de charbon. La consommation annuelle en bois de mines (pour les charbonnages) est donc actuellement d'environ 23 millions de francs pour le royaume. En estimant à 23 fr. le prix moyen du mètre cube, le nombre de mètres cubes nécessaires à l'exploitation annuelle des charbonnages belges est de 1 million. Or, il n'est pas trop hardi d'affirmer que cette quantité ira en s'accroissant par suite de l'extension continue et de l'approfondissement des fosses et, aussi, par l'augmentation des dimensions données aux étaçons dans le but de diminuer les accidents. »

« Nous citons d'autant plus volontiers ces lignes extraites d'une conférence donnée aux associations charbonnières de Charleroi et de Liège par M. Crahay, inspecteur des eaux et forêts de l'État belge, que les marchands de bois de la Belgique et du nord de la France viennent de plus en plus s'approvisionner en bois de mines dans le nord-est, et c'est à leur concurrence que l'on doit l'élévation constante des prix. A la dernière adjudication des coupes de pins de la ville de Chaumont, des coupes estimées 36 000 fr. ont été vendues 56 000 fr. Il est très probable, comme le dit M. Crahay, que les prix de ces bois, de plus en plus demandés, se maintiendront, et cette circonstance doit encore exciter les propriétaires de terrains friches à les transformer en bois. Il n'y a rien de mieux à faire.

2. Tous ces renseignements sont extraits d'un rapport récemment adressé à l'administration par M. Toussaint, conservateur des eaux et forêts à Chaumont. Je le remercie vivement d'avoir eu l'obligeance de me le communiquer et de m'autoriser à y

Voilà certes une opération des plus avantageuses pour la ville de Chaumont qui, moyennant une dépense de 83 fr. par hectare, vend sur cet hectare, au bout de quarante à cinquante ans, pour 1 800 à 2 000 fr. de bois.

Ce serait vraiment trop beau s'il ne survenait, de temps en temps, au cours de ces transformations si fructueuses, mais à longue échéance, quelques accrocs dans la succession normale des phases de la végétation, quelques déboires dus aux intempéries ou encore aux attaques des champignons ou des insectes, attaques auxquelles les pins sylvestres sont, on le sait, plus exposés que toutes les autres essences.

Actuellement, à Chaumont, il s'en présente un, pas bien sérieux toutefois et auquel on pourra remédier aisément.

Dans l'hiver 1901-1902, on a fait une coupe à blanc étoc dans des pins de quarante-cinq à cinquante ans et, comme les feuillus ne s'y étaient pas jetés suffisamment, on replanta, à l'automne de 1902, sur ce sol très fortement enherbé, des pins sylvestres de trois ans. Déjà, dans l'été de 1903, les gardes constatèrent que bon nombre dépérissaient. On recommença de planter à l'automne de 1903 pour remplacer les plants morts et achever de garnir la coupe; mais, dès le mois d'avril 1904, les dégâts des insectes s'accusèrent.

M. l'inspecteur Jacquot envoya quelques-uns de ces insectes à l'École forestière. Ils appartenaient tous à l'espèce bien connue des forestiers sous le nom d'hylobe du pin (*Hylobius abietis*, L.), charançon de 13 millimètres de longueur, brun, avec de petites touffes de poils jaunes sur les élytres.

### I. Hylobe du pin.

Rappelons brièvement les mœurs de cet insecte, et reconnais-

---

puiser ces données précises qui doivent exciter les particuliers et les communes propriétaires de friches à suivre l'exemple donné par la ville de Chaumont. C'est, du reste, ce qu'ont déjà fait beaucoup d'autres communes du département, encouragées dans cette voie par les subventions de l'État. On lit, en effet, dans ce rapport si instructif, qu'actuellement vingt-deux communes ont fait des reboisements facultatifs. *L'étendue des terrains communaux, ainsi reboisés en résineux et en feuillus, au 31 décembre 1903, est de 374 hectares.* Les frais se sont élevés à 31 161 fr., dont 11 293 fr. fournis par l'État, 1 292 fr. par le département et 18 576 fr. par les communes. *La dépense moyenne par hectare ressort à 83 fr.* En présence de la hausse constante des bois et notamment des bois de mines, il est à espérer que les communes et les particuliers, attirés par les grands bénéfices de l'opération, mettront de plus en plus d'ardeur à reboiser les terrains délaissés par l'agriculture.

sons tout d'abord que, malgré la fréquence de ses invasions, on n'est pas d'accord sur la durée de son cycle biologique et cela, sans doute, parce que cette durée varie suivant les circonstances.

La planche I représente les divers états de l'insecte et ses dégâts. La figure 1 montre l'insecte grossi trois fois. Chez le genre *Hyllobius*, les antennes sont insérées à l'extrémité du rostre, tandis que, dans le genre voisin *Pissodes* dont il sera parlé plus loin, les antennes sont insérées au milieu du rostre, comme on le voit figure 1, à droite. Les figures 2 et 3 représentent la larve et la nymphe. La figure 4 montre les galeries creusées par les larves sur les racines des pins et, dans le bas, deux chambres de nymphose creusées profondément dans le bois. La figure 6 est un jeune pin de Chaumont presque entièrement décortiqué (en *a*); la figure 5 montre l'insecte en train de ronger l'écorce d'un pin de huit à dix ans; on y voit de nombreuses plaies plus ou moins cicatrisées.

La larve de l'hylobe vit dans les racines du pin sylvestre ou de l'épicéa. Suivant que celles-ci courent à la surface ou s'enfoncent profondément, selon qu'elles se trouvent en des sols ou des stations plus ou moins chauds, les larves, dit Altum<sup>(1)</sup>, sont soumises à des différences de température non négligeables, qui se traduisent par un développement plus ou moins rapide, dont les stades ne sont plus nettement séparés, comme pour les chenilles qui, vivant en plein air, subissent toutes ensemble et au même degré les influences atmosphériques.

Ainsi, pour l'hylobe, on trouve, en hiver, des larves, des pupes et des insectes parfaits, ce qui ne se présente jamais chez le lasiocampe du pin, par exemple. Pourtant, parmi ces divers états de développement, il en est un auquel se trouve la grande majorité des insectes : c'est ce que l'on peut appeler l'état *normal*. On s'explique ainsi que l'on ait donné comme règle, pour le développement de l'hylobe, tantôt une génération par an, tantôt une et demie, tantôt deux. Altum, en se fondant sur les nombreuses invasions qu'il a observées en Allemagne, se déclare pour le cycle de deux ans. Mais il peut très bien se faire que cette durée soit abrégée dans des climats plus doux, comme il arrive pour le hanneton.

Dès les premières chaleurs du printemps, déjà en avril, l'in-

1. ALTUM, *Forstzoologie*. Berlin, 1874, 3<sup>e</sup> vol., p. 179.

secte se montre en quantité. A Chaumont, en 1904, dès le 15 avril, on le voyait en nombre. Il vole alors — c'est le seul moment où il se serve de ses ailes — même loin des lieux où il est né, en quête d'endroits propices à la ponte. Nul doute que l'accouplement se fasse à cette époque. On ne doit pas être surpris que ces lourds insectes se mettent à voler pour faciliter le rapprochement des sexes et la recherche de bonnes places de ponte ; car on sait que lors de la manifestation de l'instinct génésique, les habitudes de la plupart des animaux se modifient très nettement. Les coupes de pin sylvestre à blanc étoc, fraîchement exploitées, bien ensolleillées, garnies de leurs souches, sont pour l'hylobe les milieux de ponte les plus favorables. Il les sent de très loin et y accourt en foule en y volant par essaim, attiré sans doute par l'odeur de résine qui se dégage des souches de pins et des branches et autres remanants qui restent sur le sol. C'est là que se fait, en mai, la copulation et la ponte. La femelle pond à plusieurs reprises et dépose toujours ses œufs sur les souches et les racines saillantes des pins sylvestres qui viennent d'être exploités. Quand les souches sont vieilles, sèches, sans aucune réserve de sève, elles sont dédaignées par l'insecte pour lequel le pin sylvestre est le mets préféré. A son défaut, il s'installe dans les mêmes conditions sur l'épicéa. Dans les intervalles de ses pontes, il ronge l'écorce des jeunes pins ou des jeunes épicéas, et c'est surtout par là qu'il est nuisible, à l'inverse de son voisin le pissode, beaucoup plus commun et plus dangereux en France, dont les dégâts, sous forme d'insecte parfait, sont insignifiants à côté de ceux que commet la larve.

S'il se trouve sur la coupe de jeunes semis naturels de pins sylvestres ou d'épicéas, ils sont bientôt rongés par places de haut en bas, là où l'écorce n'est pas trop rhytidomée. L'insecte enfonce son rostre verticalement et ronge à fait toute l'écorce jusqu'au bois ; la plaie fraîche apparaît sous forme d'une tache blanche à contours nets, irréguliers, et couverte d'un peu de vermoulure ; mais quand il s'agit de plants un peu âgés, au-dessus de cinq ans par exemple, ces plaies disséminées se cicatrisent, et le plant, quoique rendu souffreteux pour quelques années, avec son écorce couturée, ne meurt pas. Dans des coupes de pins sylvestres exploitées à blanc étoc, près de Gondrecourt (Meuse), depuis deux ou trois ans, j'ai constaté que les quelques semis naturels de pins ou



d'épicéas, restés sur la coupe et âgés de cinq à douze ans environ, portaient, le 9 mai, à côté de quelques plaies fraîches, dues certainement à l'hylobe dont on a trouvé plusieurs spécimens, des plaies anciennes beaucoup plus nombreuses complètement cicatrisées (pl. I, fig. 5). Ces attaques avaient nui évidemment à la bonne végétation des plants dont aucun pourtant n'était mort; ils reprendront le dessus puisque l'hylobe, faute de nourriture qui lui convienne, va désertier la coupe. L'insecte ne semble pas pouvoir s'attaquer à des rameaux âgés de plus de cinq ans. Les remanants eux-mêmes, quand ils ne sont pas trop secs ni trop rhytidomés, servent de pâture, mais pour peu de temps, et si l'on ne réinstalle pas immédiatement sur la coupe, comme on l'a fait à Chaumont, de jeunes plants de pins noirs ou sylvestres, sa proie préférée, l'hylobe, poussé par la faim, émigre, mais en marchant cette fois et non plus en volant, vers les plantations avoisinantes. C'est au pin sylvestre qu'il s'adresse de préférence, puis à l'épicéa, au pin noir et au mélèze; on l'a même trouvé en grand nombre sur de jeunes chênes, bouleaux et autres feuillus quand il n'avait rien autre à dévorer. Il n'aime pas à grimper haut; c'est par exception qu'on le voit monter à 2 ou 3 mètres pour atteindre les parties des tiges ou des rameaux qui lui conviennent : ce sont les jeunes plants qu'il peut ronger dès le collet qui sont toujours attaqués d'abord.

Quand il a déposé sa ponte, il ne vit plus longtemps. On ne trouve plus, à la fin de juin, qu'un petit nombre d'insectes usés, affaiblis, et, à partir de ce moment, il n'y a plus d'accroissement notable dans la pâture. C'est vers la fin de mai qu'il commence à émigrer des places de ponte vers les peuplements avoisinants, plus ou moins tôt, suivant l'abondance de nourriture qu'il trouve sur la coupe; en général, vers le 15 juin, l'émigration étant terminée, les forestiers allemands cessent de visiter les fossés de capture qu'ils installent souvent sur les limites des *coupes à blanc étoc* qu'on pourrait appeler des *coupes de ponte* (Altum) pour empêcher l'invasion des jeunes fourrés du voisinage.

Quant aux œufs déposés sur les souches ensoleillées ou sur les racines saillantes, ils éclosent vite et les larves qui s'enfoncent sous l'écorce atteignent d'ordinaire la moitié de leur taille au commencement de l'hiver, mais il peut se faire que certaines hivernent à l'état de pupes. Au printemps, elles se réveillent et continuent

leurs galeries, attaquant profondément l'aubier où elles creusent de longs et larges sillons, tantôt superficiels, tantôt profonds (pl. I, fig. 4). Une fois arrivées à leur taille, elles sculptent dans le bois une cavité où se fait, au mois de juin, la nymphose. Cette phase est courte et ne dure que deux à trois semaines. Comme d'ordinaire, les insectes fraîchement éclos restent quelque temps dans le sol pour fonder et durcir leurs téguments ; de fin juin à mi-juillet, ils se montrent à la surface et l'on trouve à ce moment, avec de vieux insectes usés qui vont mourir, des individus frais, d'un brun vif, avec leurs touffes de poils jaunes sur les élytres. Ceux-ci se mettent aussitôt à ronger ; c'est la pâture d'automne qui s'étend de juillet jusqu'aux derniers jours chauds de l'automne. A l'arrivée des froids, ils prennent leurs quartiers d'hiver là où ils se trouvent, sous la mousse, dans les souches pourries, les fentes des écorces. Quand reviennent les chaleurs du printemps, dès le mois d'avril, ils sortent de leurs retraites et volent par essaim à la recherche des places de ponte.

Tel est le cycle normal de l'insecte d'après les entomologistes forestiers allemands, notamment Altum qui observait à Neustadt-Eberswalde ; mais, nous le répétons, il peut très bien se faire que, sous un climat un peu plus chaud, l'évolution soit plus hâtive. Le hanneton, dont le cycle évolutif est de quatre ans en Allemagne, n'a besoin, en France, que de trois ans pour accomplir toutes ses phases.

Les dégâts de la larve sont absolument insignifiants, puisqu'elle ne s'attaque qu'à des souches d'arbres exploités n'ayant aucune valeur ; mais l'insecte parfait, lorsqu'il est abondant, peut détruire entièrement de jeunes plantations, comme il vient de le faire à Chaumont, ou mettre en péril les fourrés au-dessous de dix ans, déformer les plants et entraver singulièrement leur croissance en hauteur.

Aussi, depuis longtemps, s'est-on préoccupé en Allemagne, en Belgique, où abondent pineraies et hyllobes, des mesures préventives ou destructives les plus efficaces.

*Moyens préventifs.* — 1<sup>o</sup> Destruction des places de ponte par le dessouchement avant l'arrivée des jours chauds du printemps. Toutes les souches, les racines superficielles, même assez menues, qui sont les seuls endroits propres à la ponte, doivent être enlevées avant le 1<sup>er</sup> avril. Dans les pineraies sablonneuses à sol meu-

ble, comme il en existe tant en Allemagne et en Belgique, ce procédé, chaudement recommandé par les forestiers de ces pays<sup>(1)</sup>, peut s'appliquer aisément. Les ouvriers, auxquels on abandonne le bois de souche pour leur chauffage, l'adoptent volontiers. Ce mode d'extraction ne coûte guère plus que l'abatage ordinaire et on prévient ainsi tout dégât de la part de l'hylobe et de l'hylésine. Comme l'œuf pondu en mai-juin ne donnera, *au plus tôt*, naissance à l'insecte parfait qu'en juillet-août de l'année suivante, si l'exploitation se fait dans l'hiver 1903-1904, il faut, pour éviter tout danger d'invasion, que l'extraction des souches soit terminée en juin 1905. Si cette extraction est trop difficile, trop coûteuse, il est bon d'écorcer les souches jusqu'aux racines aussi profondément que possible pour empêcher les pontes de l'hylobe et de l'hylésiné.

Il faut aussi enlever à temps, c'est-à-dire avant le moment de l'essaimage en avril, tous les remanants des coupes à blanc étoc, remanants dont l'odeur de résine attire les insectes.

2° Un autre procédé encore plus simple et absolument efficace, chaque fois qu'il ne reste pas sur le parterre de la coupe de jeunes semis naturels et qu'on est obligé de regarnir artificiellement, consiste à n'installer les jeunes plants que trois ans après l'exploitation. Les hylobes sont venus pondre en masse sur les souches, mais ni eux, ni leurs descendants n'ont trouvé de pâture et ils ont émigré pour ne pas mourir de faim. Dès lors, on peut procéder sans danger à la plantation<sup>(2)</sup>.

3° Les forestiers allemands recommandent aussi, avec raison, lors de l'établissement du plan d'exploitation, de faire des coupes étroites et disséminées afin de gêner le vol de l'hylobe, du hanneton et de rendre plus difficile la trouvaille des places de ponte. On installe les coupes en lanière successivement en trois ou quatre points éloignés les uns des autres.

Tels sont les moyens préventifs les plus employés.

1. Voir le *Bulletin de la Société centrale forestière belge*, passim.

2. « Dans le Harz, dit Altum, ainsi que dans le district domanial d'Aix-la-Chapelle et ailleurs, notamment dans les peuplements d'épicéas, on laisse avec succès la coupe se reposer jusqu'à ce que les écorces et les couches ligneuses externes soient pourries et ne puissent plus offrir de places de ponte. Tous les autres procédés n'ont été, d'après les circulaires de l'administration forestière, que des palliatifs insuffisants. Quand on plante des pins sylvestres, des épicéas, même des feuillus immédiatement après ces coupes à blanc, l'hylobe cause toujours de grands dégâts. »

*Moyens destructifs.* — 1° L'incendie des coupes envahies, ou plutôt leur sartage à feu couvert pratiqué avec de grandes précautions et une minutieuse surveillance, ne donne pas, au dire des forestiers belges qui ont expérimenté ce procédé<sup>(1)</sup>, toujours dangereux, du reste, les bons résultats signalés par certains forestiers allemands (Altum). Il faudrait alors installer un foyer sur chaque souche.

2° Les *fossés de capture* que l'on creuse tout autour de la coupe à blanc étoc ou, au moins, entre cette coupe et les jeunes semis à protéger sont destinés à barrer le chemin aux insectes qui viennent de pondre et qui, poussés par la faim, gagnent en marchant — après la ponte les insectes ne volent plus — les fourrés avoisinants où ils trouveront abri et pâture. Ces fossés, creusés vite et sans grands frais dans les pays plats, à sol sablonneux, meuble, sont très employés en Allemagne. C'est un procédé à la fois préventif et destructif. On garantit les peuplements menacés — *mesure préventive* — et, en faisant ramasser journallement par des femmes et des enfants, pendant les quatre semaines de capture (mois de mai et jusqu'au 15 juin), les insectes qui s'accumulent dans les fossés où ils sont attirés par les fourrés de pins du voisinage, on en détruit des quantités considérables<sup>(2)</sup>. Là où l'installation de ces fossés a été faite à temps, on ne trouve presque pas de charançons dans le peuplement à protéger. « J'ai eu de la peine, dit Altum, à y rencontrer un seul plant rongé. » Là où, par contre, on n'a point creusé de fossés ou bien là où on les a pratiqués trop tardivement, toute la lisière du peuplement a été attaquée. On n'y rencontre presque aucune plante indemne et on a ainsi l'occasion d'observer que, quand l'insecte trouve assez de

---

1. « L'abatage de 4 hectares de pins sylvestres de la commune de Maissin a été pratiqué rez terre et la parcelle essartée à feu couvert après la vidange des produits est actuellement couverte de seigle. *Malgré l'essartage*, la ponte de l'hylobe s'est effectuée dans les souches, et les larves, en quantité abondante, ont terminé complètement leur évolution. La section de Libin-Bas a exploité à la même époque (1897), 2 hectares de pins sylvestres; le dessouchement n'a pas eu lieu; mais les branches ont été incinérées sur place; *le brasier fut intense*. Néanmoins l'hylobe s'est multiplié en grande quantité dans les souches, et la *plantation d'épicéas*, prévue pour le printemps suivant, a dû être retardée. » (*Bulletin de la Société centrale forestière belge*, 1899, p. 421.)

2. En Allemagne, les insectes sont apportés au garde forestier qui les tue en les immergeant dans l'eau bouillante. Un litre contient environ 3 000 insectes.

pâture, il ne va pas plus loin. Dans la première année, cette pâture se limite à une bande de quinze pas de large.

3° Toute une série d'autres procédés destructifs repose sur cette idée d'attirer les insectes par des places de ponte ou de pâture artificiellement préparées et de les détruire alors en masse, eux ou leur ponte.

On prépare d'excellentes places de ponte en mettant à nu les racines autour du collet des souches fraîches, en éclatant l'écorce et en recouvrant le tout avec de la terre et de la couverture morte. L'odeur de résine qui s'échappe de ces blessures attire puissamment l'insecte essaimant. Par les temps chauds, on y trouve, dès le lendemain, cinquante à quatre-vingts insectes rassemblés. Mais chaque souche ne reste que peu de temps munie de cette propriété d'attirer les insectes; on en prépare successivement d'autres de façon que, pendant tout le vol des insectes, il n'y ait chaque jour qu'un seul point de concentration où on peut les capturer en masse. Finalement, on arrache les souches avec les larves qu'elles contiennent.

On emploie aussi des fagots-pièges qu'on répartit sur le sol de la coupe bien nettoyée. Les insectes s'y portent en foule pour se nourrir de ce matériel frais. On les secoue de bon matin ou le soir et on tue les insectes qui tombent. Dès que ces menues branches de pins sylvestres ou d'épicéas commencent à se dessécher, on les remplace par des fraîches. Au lieu de fagots, on peut employer de gros lambeaux d'écorce qu'on presse fortement sur le sol avec des pierres, le liber en dessous. On les visite aussi matin et soir et on les remplace quand ils sont secs.

On peut même attirer l'insecte en lui offrant, sous forme de bois de quartier ou de rondins, des places de ponte illusoires. Les insectes se jettent en masse sur ces bois de quartier de pin sylvestre bien en contact avec le sol ou sur ces rondins de 1<sup>m</sup>,50 de long et de 4 à 8 centimètres d'épaisseur qu'on enfonce obliquement dans le sol pour imiter les racines de pins. On les coupe et on les met en place en avril jusqu'au début de mai; on les retire dans la seconde moitié de juin, garnis de pontes. Tous ces procédés se sont montrés efficaces.

En examinant le cas qui s'est présenté à Chaumont, on constate d'abord qu'avant les coupes à blanc étoc qui ont commencé en 1901, l'hylobe n'avait pas fait parler de lui, n'ayant pas trouvé

jusqu'alors l'occasion de pulluler. Il existait certainement, mais à l'état sporadique, comme à Gondrecourt<sup>(1)</sup>.

Dans l'hiver 1901-1902, on exploite à blanc étoc des pins de quarante-cinq à cinquante ans et on replante sur ces coupes 37 000 pins sylvestres et 20 000 pins noirs dès l'automne 1902. Déjà, en 1903, on constatait que ces plants de trois ans, mis en place après repiquage, dépérissaient et, à l'automne de 1903, on a complété le garnissage de la coupe par 32 000 pins sylvestres et 18 000 pins noirs<sup>(2)</sup>, soit, en tout, 107 000 plants. Dès le milieu d'avril 1904, une bonne partie de ces plants sont décortiqués complètement ou partiellement par l'hylobe (pl. I, fig. 6).

C'est à ce moment que sont envoyés à l'école, par l'inspecteur de Chaumont, les plants et les insectes récoltés par le brigadier Mouillet. La notable élévation<sup>(3)</sup> de température qui a caractérisé les deux derniers tiers du mois d'avril a réveillé brusquement l'activité des insectes et les a incités à se porter en masse sur les places de ponte qui venaient de leur être fournies par les coupes à blanc. Les œufs pondus en mai 1902 ont pu déjà donner des insectes en juin 1903 et ceux-ci ont endommagé les plants installés à l'automne précédent. En avril 1904, les insectes éclos au mois de juin 1903 ont trouvé sur place ce qu'il leur fallait comme pâture et comme place de ponte, et les dégâts n'ont fait que s'accroître. Le 7 mai 1904, en examinant ces plantations, nous avons trouvé beaucoup de jeunes plants morts, entièrement décortiqués, avec l'hylobe à leur pied, et il est certain que les dégâts s'accroîtront jusqu'au milieu de juin. En explorant une dizaine de souches, nous n'en avons trouvé que deux ou trois avec des chambres de nymphose.

Les agents forestiers, instruits par l'expérience, ont, avec grande raison, différé la replantation des coupes exploitées en 1903-1904. S'ils avaient continué à planter, ils auraient fourni une nouvelle pâture à l'hylobe, tandis que l'insecte, mourant de faim, une fois qu'il aura brouté le jeune matériel à sa portée, émigrera.

1. Sur les quelques pins de cinq à dix ans provenant de semis naturels, on trouvait, en effet, dans toute l'étendue des coupes (20 hectares), de nombreuses plaies cicatrisées dues à l'hylobe qui s'y rencontre donc constamment, mais à l'état disséminé.

2. Renseignements dus à l'obligeance de M. l'inspecteur Jacquot.

3. Dans le jardin de l'École forestière, la moyenne diurne (moyenne arithmétique des températures à 8 heures du matin et 2 heures du soir) a été de 7°,5 pour les huit premiers jours d'avril; elle s'est élevée à plus du double — à 16° — pour les douze jours suivants.

Il semble bien que la meilleure voie à suivre en pareille occurrence est la temporisation.

*Après l'exploitation à blanc étoc, que l'on attende deux ou trois ans, jusqu'à ce qu'on ne trouve plus, en avril-mai, d'insectes au pied des plants susceptibles d'être attaqués et, dès lors, on pourra replanter sans danger.*

## II. Hylésine piniperde.

Généralement on rencontre dans les jeunes peuplements ou dans les coupes exploitées à blanc étoc et regarnies aussitôt un autre Coléoptère, tétramère comme le précédent, mais appartenant à une autre famille, celle des *Scolytides* ou des *Xylophages*, si redoutable pour nos forêts de résineux et qui vient ajouter ses dégâts à ceux de l'hylobe. Je veux parler de l'HYLÉSINE PINIPERDE (*Hylesinus piniperda*, L.) dont les divers états et les dégâts sont représentés sur la planche I (fig. 7-12).

C'est un Scolytide de 4 à 5 millimètres de longueur, d'un noir foncé avec des élytres à stries longitudinales pointillées, séparées par des lignes de poils (fig. 7). Le troisième article des tarses est cordiforme et le tibia est denté sur son bord externe comme le montre la figure 8.

Dès les premiers jours un peu chauds du printemps, déjà en mars-avril, l'insecte quitte sa retraite d'hiver pour pondre sous l'écorce épaisse des souches des pins fraîchement exploités ou des pins abattus ou des arbres sur pied malades. La femelle perce l'écorce dans les crevasses du rhytidome et, une fois fécondée, elle creuse une galerie de ponte de 8 à 10 centimètres le long de laquelle elle dépose ses œufs (fig. 11). La ponte se prolonge pendant quatre ou cinq semaines, si bien que les premiers œufs sont déjà à l'état de nymphe quand les derniers sont pondus. Les larves (fig. 9) creusent des galeries d'abord perpendiculaires à la galerie de ponte, puis divergentes (fig. 11), à l'extrémité desquelles elles se transforment en nymphes (fig. 10) pour sortir à l'état parfait en juin-juillet.

Les insectes s'introduisent alors dans les jeunes rameaux des pins avoisinants — souvent dans la pousse terminale — et les font périr en rongant la moelle et l'étui médullaire jusqu'au bourgeon terminal. Ceci se passe depuis juillet-août jusqu'en au-

tomne. L'hiver, ces rameaux flétris tombent et jonchent le sol; l'arbre paraît avoir été taillé (fig. 12), ce qui a valu à l'insecte son nom de *jardinier du pin*. Vers la fin de l'automne, l'hylésine cherche un refuge au pied des pins dans l'écorce moussue de la souche et reste en son gîte jusqu'au printemps.

*Dégâts.* — C'est un insecte *très nuisible*, bien plus à l'état parfait qu'à l'état de larve, comme le précédent. Cependant, la ponte se fait parfois sur des plants de moins de vingt ans qui peuvent être sérieusement endommagés par la pâture des larves.

L'insecte parfait, en détruisant les jeunes pousses, empêche la production des fleurs et des cônes, arrête ou ralentit l'accroissement et peu à peu, quand les attaques se répètent plusieurs années, amène chez de jeunes arbres, tout d'abord sains et vigoureux, un état maladif et des déformations qui les empêchent de donner ce qu'ils promettaient, c'est-à-dire des sujets d'avenir et de belle venue, et les rendent propres à être envahis par les autres Scolytides.

*Moyens préventifs.* — Il faut enlever soigneusement tous les arbres malades ou endommagés sur lesquels les insectes viennent pondre de préférence.

On doit en outre, lorsqu'on craint une invasion d'hylésines, faire la vidange des coupes seulement vers la fin du mois de mai pour emmener hors de la forêt la jeune couvée avant l'éclosion des insectes parfaits.

Dans les peuplements attaqués, on attire les insectes en quête de places de ponte en disposant de ci de là des tronçons d'arbres fraîchement abattus bientôt occupés par des pontes et qu'on enlève avant la sortie des insectes parfaits pour les remplacer par d'autres *arbres-pièges* frais pendant tout le temps où l'insecte vole, c'est-à-dire de mars à septembre.

Depuis quelques années, les jeunes plantations de pins sont de plus en plus attaquées en Lorraine par deux petits insectes de l'ordre des Coléoptères; l'un est un Scolytide de très petite taille (2 millimètres à 2<sup>mm</sup>,3), le bostriche bidenté (*Tomicus bidentatus*, Herbst); l'autre est un charançon trop connu des planteurs de pineraies, le pissode du pin (*Pissodes notatus*, Fab.), qui a de 6 à 8 millimètres de longueur.

Ces deux insectes ne s'adressent guère qu'aux jeunes pins jus-



qu'à l'âge de dix à douze ans et les font périr en peu de temps. A la première année de l'attaque, les aiguilles jaunissent et n'atteignent pas leur longueur normale ; l'année suivante, tout le feuillage est entièrement bruni ; le plant est mort.

Si l'on n'intervient pas, il est à craindre qu'avec le concours de circonstances climatiques favorables le mal ne s'étende rapidement jusqu'à la destruction totale de la jeune pineraie.

On peut se débarrasser facilement, dès le début de leur apparition, de ces deux insectes qu'on reconnaît aux caractères suivants :

### III. Pissode du pin.

Le pissode du pin (*Pissodes notatus*, Fab.) est représenté en grandeur naturelle (fig. 1<sup>bis</sup>) et grossi quatre fois et demie (fig. 1) sur la planche II.

D'un brun ferrugineux, à rostre long, cylindrique, assez finement ponctué, ce charançon porte sur le prothorax quatre gros points formés de squamules blanches qui couvrent aussi l'écusson ; les élytres sont munies de dix stries ponctuées et traversées par deux bandes ocreuses.

D'ordinaire, l'insecte parfait éclôt à l'automne et hiverne sous l'écorce de la base des jeunes tiges. L'accouplement et la ponte ont lieu généralement au printemps. La femelle pond ses œufs près des verticilles inférieurs des jeunes pins, dans un trou qu'elle pratique dans l'écorce à l'aide de son rostre. Les larves, dès leur naissance, creusent, à la partie interne de l'écorce, c'est-à-dire dans le liber, des galeries tortueuses, irrégulières, remplies de vermoulure, qui vont en s'élargissant et sont toujours dirigées de haut en bas. Quand elles sont adultes (9 millimètres), elles creusent dans l'écorce interne et dans l'aubier une niche elliptique, dont elles garnissent les parois de fibres ligneuses ayant les apparences d'un tampon de charpie. C'est dans ce berceau que se fait la nymphose. Les figures 2 et 3 représentent la larve et la nymphe grossies quatre fois et demie, et la figure 4 montre un jeune pin dont l'écorce a été enlevée sur une certaine longueur, pour faire voir les chambres de nymphose, où le tampon de charpie a été laissé vers le haut et enlevé dans le bas de la figure. Dès que la nymphose est terminée, l'insecte sort en perçant juste au-dessous de la chambre un trou rond du diamètre de son corps (2<sup>mm</sup>,5).

Ces trous (voir le haut de la figure 4) suffisent à faire reconnaître l'insecte; si l'on aperçoit, en soulevant l'écorce, les chambres elliptiques de nymphe avec leur tampon de charpie, il n'y a plus de doute.

Le pissode est un des insectes les plus nuisibles aux jeunes pineraies.

*Destruction.* — Pour se débarrasser du pissode, il existe un moyen destructif simple, peu coûteux et absolument efficace, qui consiste à arracher et à brûler, un peu avant l'éclosion des premiers insectes, toutes les tiges attaquées. On parcourt en juillet les jeunes plantations et on examine soigneusement les plants qui paraissent atteints. Quand les aiguilles du bas de la tige seules sont rousses, il faut s'assurer, en enlevant au couteau une étroite bande d'écorce au pied du plant, que l'insecte s'y trouve. Toute tige envahie est destinée à mourir. C'est la veille de la date des premières éclosions qui est le meilleur moment pour l'arrachage, parce qu'alors les dégâts sont à leur maximum et ont produit tout leur effet sur la végétation. En procédant trop tôt à cet examen, beaucoup de larves retardataires seraient encore si petites, qu'elles n'auraient pu troubler sérieusement la végétation même d'un jeune plant de cinq ans.

#### IV. Bostriche bidenté.

Le bostriche bidenté (*Tomicus bidentatus*, Herbst), qui accompagne souvent le pissode, se reconnaît aisément, d'abord à sa taille (2 millimètres à 2<sup>mm</sup>,3) — c'est un des plus petits du genre — ensuite à la forme de ses galeries (pl. II, fig. 8). A presque toutes les insertions de branches, rarement ailleurs, on voit une large chambre d'accouplement, profondément incrustée dans l'aubier, d'où partent trois à sept galeries de ponte rayonnantes, presque entièrement creusées dans le liber et la zone cambiale, en d'autres termes, à la face interne de l'écorce; à peine entament-elles le bois.

L'insecte est représenté grossi dix à douze fois (fig. 5).

Le mâle (fig. 6) se distingue de la femelle (fig. 7) au gros crochet qu'il porte à l'extrémité des élytres.

C'est un des plus dangereux ennemis des plantations de pins jusqu'à dix ans.

*Destruction.* — Pour couper court à l'invasion, il faut arracher tous les plants attaqués, vers le milieu de mai, avant la sortie des insectes parfaits, et les brûler. Les plants attaqués se reconnaissent à la mort prématurée des aiguilles; en soulevant l'écorce au niveau des verticilles inférieurs, on voit les galeries sur la nature desquelles on ne peut se méprendre. Les bostriches qui échapperaient à cette première destruction seraient capturés au moyen de branches-pièges, qui, laissées sur le sol, seraient vite infestées par les femelles en quête d'endroits propres à recevoir leur ponte.

### V. Tordeuse du chêne.

Tous les insectes précédents appartiennent à l'ordre des Coléoptères. Celui des Lépidoptères (*Papillons*) contient nombre d'espèces aussi nuisibles. Parmi les chenilles forestières qui se sont signalées par leur nocuité depuis quelques années — et encore en 1904 — on doit mettre au premier rang la tordeuse du chêne (*Tortrix viridana*) qui s'attaque non plus, comme les devastateurs précédents, aux jeunes arbres résineux, mais uniquement aux chênes et de préférence aux grands arbres.

En Lorraine, l'invasion a débuté en 1902 pour s'accroître en 1903 et en 1904 (1). De Paris aux Vosges presque tous les chênes ont été ravagés. Les arbres ne meurent pas; mais le dommage n'en est pas moins très considérable. Il consiste dans l'avortement des fruits, la perte de la pousse de printemps et la diminution de l'accroissement en diamètre.

Les chenilles, d'un vert jaunâtre, éclosent au printemps d'œufs pondus isolément sur les bourgeons des parties élevées de la cime. Elles perforent les bourgeons et s'y enfouissent pour ronger les jeunes feuilles. Elles continuent leurs dégâts jusque vers le 20 juin, détruisant les feuilles à mesure qu'elles se forment, si bien que les chênes conservent jusqu'en juillet leur aspect hivernal. C'est aux cimes que les chenilles s'adressent de préférence. Bientôt elles se laissent pendre par un fil et viennent attaquer les branches inférieures. Si l'on a des doutes sur la chenille peu visible qui défeuille les sommets des grands chênes, on n'a qu'à

1. Elle a été presque générale en France; car dans la Drôme, la Creuse, les environs de Paris, le Jura, la Meuse on a constaté les dégâts de cette chenille.

regarder le sol ; quand il est couvert d'excréments semblables à de la fine poudre de chasse, c'est qu'il s'agit de la tordeuse ou pyrale verte.

Vers le 20 juin, les chenilles ont atteint toute leur taille et vont se nymphoser. La pâture est terminée, l'arbre va travailler à reformer une nouvelle frondaison aux dépens de ses réserves nutritives.

Enroulant en cornet à l'aide de fils de soie les débris de feuilles rongées, chaque chenille se nymphose dans un étui soyeux très délicat et de la chrysalide noire (1 centimètre de longueur sur 3 millimètres de largeur) se dégage, déjà dans le premier tiers de juillet, un élégant papillon de 20 millimètres d'envergure, facilement reconnaissable à la belle teinte vert clair de ses ailes antérieures. La fécondation s'opère aussitôt et bientôt la femelle vient pondre ses œufs isolément au voisinage des bourgeons.

Dès le 15 juillet, les feuilles repoussent. Dans les peuplements de chêne (futaie ou taillis sous futaie), tout est ravagé ; les autres essences n'ont pas souffert. Ce sont les arbres seuls qui sont atteints ; les taillis au-dessous de dix ans restent indemnes.

Malheureusement, nous manquons de moyen pratique de destruction. On a préconisé l'emploi de lampes ou de feux pendant les nuits obscures pour attirer et détruire le papillon de la pyrale de la vigne ; mais on ne peut songer à utiliser en forêt ce procédé qui n'a donné d'ailleurs que de très médiocres résultats. Il faut se résigner à attendre l'intervention des ennemis naturels de cette vilaine geance (oiseaux et ichneumonides).

Dans les régions telles que la Lorraine où le climat est rude, les gelées printanières fréquentes, trop souvent les fleurs sont gelées et tout espoir de glandée disparaît. Aussi les insectes, tels que la pyrale verte ou le balanine des glands qui anéantissent la fructification des chênes, sont-ils relativement bien plus nuisibles que dans les forêts de la région parisienne par exemple, où les gelées printanières sévissent moins fréquemment.

Outre l'avortement des fruits, la tordeuse du chêne empêche le développement des bourgeons, l'accroissement longitudinal des rameaux, l'expansion de la surface foliacée. C'est seulement au mois de juillet que se forment de nouvelles feuilles aux dépens des réserves accumulées dans les tissus ligneux et celles-ci, ne fonctionnant que pendant deux mois environ, n'ont pas le temps

d'élaborer la quantité normale de substances plastiques; par suite, l'anneau ligneux correspondant à l'année de pâture sera plus mince et moins bien lignifié.

Nous avons essayé de mesurer la perte subie de ce chef par le propriétaire.

Dans un bois des environs de Nancy (<sup>1</sup>) où croissent en mélange le chêne et le hêtre, nous avons pris, à l'aide de la sonde de Pressler, normalement aux couches et sur des arbres voisins, de 25 à 30 centimètres de diamètre croissant dans un taillis de dix ans, des cylindres sur lesquels on peut facilement mesurer, à un dixième de millimètre près, l'épaisseur des anneaux ligneux. Voici les résultats exprimés en millimètres :

	1900	1901	1902	1903	1904
Chêne de 0 <sup>m</sup> ,25 . . .	1,7	2,6	2,2	2,1	1,7
Chêne de 0 <sup>m</sup> ,30 . . .	1,7	1,8	2,1	1,3	0,7
Total. . . . .	<u>3,4</u>	<u>4,4</u>	<u>4,3</u>	<u>3,4</u>	<u>2,4</u>
Hêtre de 0 <sup>m</sup> ,25 . . .	0,7	1,0	1,0	1,5	2,2
Hêtre de 0 <sup>m</sup> ,30 . . .	0,5	0,6	1,2	1,0	1,9
Total. . . . .	<u>1,2</u>	<u>1,6</u>	<u>2,2</u>	<u>2,5</u>	<u>4,1</u>

Comme l'invasion s'était déjà prononcée en 1903, prenons pour point de comparaison l'année 1902 et représentons par 100 l'accroissement correspondant à cette année.

Alors pour les chênes celui de 1903 sera 79 et celui de 1904 sera 55, tandis que pour les hêtres l'accroissement de 1903 sera représenté par 114 et celui de 1904 sera représenté par 186.

D'autres arbres, pris dans des coupes voisines, ont donné des résultats analogues.

Ainsi donc, la perte de matière ligneuse est de la moitié de la récolte pour la seule année 1904, et probablement même de beaucoup plus, des deux tiers sans doute, puisque l'année 1904 a été très favorable à la végétation du hêtre.

Sans la pyrale verte, le chêne aurait marché du même pas que le hêtre.

Si l'on réfléchit que l'invasion de cet insecte s'est étendue sur presque toute la France, on se rend compte que la perte se chiffre par *plusieurs millions*.

1. Bois du Chanois, derrière Bouxières-aux-Dames.

Le nombre des insectes nuisibles aux forêts et notamment aux pineraies s'accroît de jour en jour.

Trois grands ennemis des pins : le lasiocampe ou bombyx du pin, l'hylobe, les lydes, étaient autrefois à peu près inconnus en France. Ils y deviennent abondants maintenant. Les lydes, signalées dans les Vosges il y a quelques années, gagnent toujours vers l'ouest et ravagent actuellement les pineraies d'Ermenonville.

Tous ces insectes sont communs en Allemagne, pays par excellence des pineraies en sol sablonneux, maigre, sec, où les arbres ont une végétation médiocre et sont souvent trop peu vigoureux pour résister aux attaques des parasites. Attirés par la pâture — les reboisements en pins augmentent d'étendue chaque année — ils nous envahissent de plus en plus et les reboiseurs, s'ils ne veulent éprouver des mécomptes, auront à exercer une surveillance de plus en plus active. Aussi est-il plus utile que jamais d'inciter les planteurs à se familiariser avec les mœurs des insectes nuisibles puisque — on vient de le voir par les exemples précédents — les procédés pratiques préventifs ou destructifs ne peuvent être basés que sur la connaissance exacte, détaillée, approfondie de la biologie de l'insecte et de son cycle évolutif.

---

**Observation d'une liane anormale de houblon bisexuée** (présentation du sujet), par Camille BAUNORTE, professeur à l'Université de Nancy (École supérieure de pharmacie).

Ainsi qu'on le sait, le genre *Humulus* est représenté dans notre flore de France par une seule espèce : *Humulus lupulus*, qui croît dans toute l'Europe à l'état sauvage et que l'on peut rencontrer fréquemment en certaines régions dans les haies et les buissons.

C'est une plante grimpante et volubile, dioïque. Les lianes mâles portent des fleurs disposées en grappes opposées rameuses, axillaires et terminales. Chaque fleur a un périgone à cinq divisions oblongues, avec cinq étamines cachées dans l'enveloppe florale. Celle-ci, avant la maturité, paraît être constituée par une petite masse sphérique verdâtre, sans aspérités. A la maturité, les fleurs deviennent plus blanches, s'épanouissent vers la fin de

juillet, même en août, et répandent alors une assez grande quantité de grains de pollen très fins.

La liane qui porte les fleurs femelles ressemble beaucoup par son port à la liane mâle ; les feuilles y sont peut-être un peu plus grandes, plus rugueuses et plus abondantes. Les sarments des sujets mâles sont plus faibles que ceux des sujets femelles.

Quant aux fleurs femelles, elles sont réunies en chatons pédonculés, opposés, devenant des cônes ou strobiles de deux à trois centimètres de long. Chaque fleur isolée se compose d'une petite écaille à la base de laquelle est placé l'ovaire surmonté de deux styles.

C'est la liane femelle qui seule est intéressante au point de vue commercial ; elle est cultivée parfois sur des espaces considérables. Le commerce du houblon est devenu en effet un des plus importants, et la plante originelle « houblon » a subi, par suite de cultures spéciales, des modifications profondes, ayant pour but, soit l'augmentation du poids des fleurs femelles, soit l'augmentation de la teneur en lupuline, etc., etc.

Le seul produit recherché dans cette culture du houblon étant la fleur femelle au moment où elle contient le plus de lupuline, on s'est attaché, dans le choix des races à planter, à prendre les types qui remplissent le mieux ces conditions et on a cherché surtout à empêcher la fécondation de la fleur, fécondation qui permettrait à la plante, en suivant son rôle normal, de faire ses graines au détriment des bractées et de la lupuline.

C'est pour ces diverses raisons que, dans les pays où on plante le houblon, il est impossible de trouver une seule liane de houblon mâle à une distance très éloignée des plantations : les planteurs s'empressant de détruire tous les pieds à fleurs mâles, avant la floraison, dès leur apparition dans les haies ou buissons du voisinage.

Parmi les centres de plantations de l'Est, on peut citer de nombreuses contrées en Alsace et en Lorraine. Vic-sur-Seille, Marsal et les environs sont peut-être, à ce point de vue, les centres les plus importants de la Lorraine annexée ; on y cultive aujourd'hui plus de 160 hectares de houblon (dont 100 hectares sur le territoire de Vic), ce qui représente environ 480 000 perches, autour de chacune desquelles s'enroulent d'habitude deux, quelquefois trois lianes femelles de houblon.

C'est au milieu de cette immense culture de *Humulus* qu'il m'a été donné d'observer le cas singulier qui fait l'objet de cette note.

Dans une houblonnière plantée par M. Louis Mangenot, au lieu dit les Alovins, à Vic, une liane, dans le nombre, s'est montrée différente des voisines; elle fut mise en observation par le propriétaire qui y avait reconnu un fait anormal qui me fut signalé au commencement de juillet 1904.

Voici, dans les grandes lignes, les renseignements qui m'ont été très obligeamment donnés. La houblonnière où se trouvait la liane intéressante a été constituée il y a deux ans seulement; les pieds qui y ont été plantés provenaient des propriétés voisines, pris, par conséquent, dans le pays même.

Cette observation a son importance; on conçoit de suite qu'il ne s'agit pas ici d'une race introduite nouvellement, mais bien d'un type acclimaté depuis longtemps dans la région et où, jusqu'alors, aucun fait anormal n'a été signalé.

Au pied d'une des tiges en fer servant de tuteurs à la plantation, deux *brins* avaient été laissés lors de la taille printanière. Ces deux brins, devenus grands, s'enlaçaient autour du support. L'un d'eux était normalement constitué et portait ses fleurs femelles, le second seul était anormal et avait des fleurs à la fois mâles et femelles.

Au moment où il me fut possible de voir la plante, au commencement d'août, cette liane hermaphrodite était haute de plus de 5 mètres, elle était très robuste. Elle avait été privée de ses entrenœuds axillaires inférieurs, comme cela se fait d'habitude, jusqu'à une hauteur de 1<sup>m</sup>,50 à peu près. A partir de ce niveau, toutes ses feuilles opposées avaient à leur aisselle des rameaux très développés, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en examinant la planche qui accompagne ce travail<sup>(1)</sup>. Ces rameaux axillaires portaient tantôt des fleurs à étamines, d'autres n'avaient que des fleurs femelles, d'autres enfin avaient à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles.

Quelques grappes de fleurs de cette liane anormale présentaient même ce fait curieux: sur un même pédoncule floral, on trouvait les deux fleurs staminées et pistillées; à la base du pédoncule,

1. Planche II, T. V.



dans ces inflorescences, les rameaux sont mâles, alors qu'à l'extrémité, le pédoncule floral est nettement terminé par un cône femelle. L'examen des fleurs désignées par les numéros 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, sur la planche, ne laisse aucun doute à ce sujet.

Il y a lieu d'ajouter de suite que les fleurs portées par cette *liane hermaphrodite* étaient toutes ou presque toutes normalement construites : les fleurs mâles avaient leurs cinq étamines contenant de nombreux grains de pollen et les fleurs femelles avaient leurs ovules normaux surmontés de deux styles.

Vers la fin d'octobre, quelques fleurs femelles restées en observation sur cette liane anormale ont été examinées attentivement et, sur environ trente cônes femelles disséqués à la loupe, j'ai trouvé seulement cinq graines bien développées.

Cette petite quantité de graines trouvées paraîtrait indiquer que l'autofécondation, dans le cas particulier qui nous occupe, est rare; mais, la présence de ces graines, arrivées à maturité, est suffisante pour prouver que les étamines étaient fertiles, qu'il y a eu fécondation et que le fruit s'est développé normalement.

Cette constatation, je le crois, est très intéressante, on en jugera d'ailleurs plus loin.

Tels sont les faits observés, pendant cet été 1904, grâce à l'aimable obligeance de M. Mangenot, propriétaire de la houblonnière où se trouvait la liane qui a été mise entièrement à ma disposition.

Le pied sur lequel cette anomalie a été constatée est d'ailleurs mis en observation, il sera de nouveau surveillé pendant les années prochaines; il sera curieux de suivre son évolution.

Reste, pour l'instant, à discuter scientifiquement l'observation précédente. En lui-même, le fait en question n'est pas absolument nouveau et, les experts en lupuliculture déclarent avoir vu quelquefois déjà, mais cependant assez rarement, quelques rameaux portant des fleurs ressemblant à des fleurs mâles, et portés par des lianes à fleurs femelles. Chaque fois que le fait a été observé, on n'a constaté la présence que de quelques petits rameaux ainsi constitués, peu nombreux et courts.

Avant de chercher à élucider la question, au point de vue purement scientifique, j'ai cru bon, et je m'en félicite, de m'adresser à M. Stambach, secrétaire de la Société alsacienne des planteurs de houblon, dont la haute compétence pratique est mise sou-

vent, et à juste titre, à contribution dans le monde des lupuliculteurs.

M. Stambach a bien voulu me donner des renseignements sur la question qui m'intéressait ; il me donnait en outre des références bibliographiques et des résultats d'observations antérieures fort importantes.

Parmi les nombreuses variétés de houblon cultivées (et elles sont au moins au nombre de vingt-deux), il n'en est qu'une seule qui, quelquefois, présente cette curieuse anomalie d'avoir des fleurs à étamines ; cette variété, d'origine anglaise, est désignée sous le nom de *Early prolific*.

Dans une note publiée en 1900, Franz Chodounsky (1) dit textuellement ceci, à propos des lianes de houblon : « Les fleurs mâles et les fleurs femelles sont séparées, cependant il y a quelques exceptions sous ce rapport ; par un caprice de la nature, les fleurs mâles et femelles sont réunies sur une seule et même liane. »

Comme suite à cette note, la publication *Der Hopfen* donne un dessin représentant un très court rameau de *Humulus* sur lequel une grappe rameuse mâle est opposée à une grappe femelle. Les fleurs ayant servi à faire cette reproduction venaient de M. Schneider de Tréboc.

Dans une autre note, un journal paru à Nuremberg (2) à la date du 13 août 1904, c'est-à-dire quelques jours à peine après nos premières observations sur la question, reprend cette étude des houblons de M. Schneider de Tréboc.

Je résumerai rapidement cette note, écrite par M. Fairschied, botaniste américain.

D'après l'auteur, qui rappelle les constatations faites par M. le directeur Ambrose, de l'école d'agriculture de Saaz, et M. le secrétaire Roschauer, de la Société des houblons de Polep, « il n'a pas été possible de distinguer en hiver, sur des échantillons secs, si, dans les étamines des fleurs mâles de ces plantes anormales, il se formait un pollen absolument mûr, et il est étonnant que parmi

1. *Der Hopfen, ein Beitrag zur Wertschätzung der Qualität* von Franz Chodounsky. Prag. 1900.

2. *Allgemeine Brauer- und Hopfen-Zeitung*, n° 189. Nürnberg. Samstag, 13. August 1904.

*Vorschläge zur Verbesserung des amerikanischen Hopfens.*

ceux qui ont eu des exemplaires frais sous la main aucun n'ait songé à examiner la fleur à ce point de vue ».

Ainsi qu'on le voit par ce rapide exposé, au mois d'août dernier encore, la question de savoir si, oui ou non, les étamines étaient fertiles, se posait. Et, non seulement on croyait que les étamines n'étaient pas fertiles, mais on avait même des tendances à croire, ainsi que le distingué professeur Stambach me l'écrit lui-même, que : « les boutons des deux fleurs mâles et femelles ne présentent point de différence, il semble que la fleur mâle n'est qu'un avorton de la fleur femelle ». Cette conclusion judicieuse était prise très raisonnablement, car les échantillons des fleurs anormales trouvées par M. Stambach, dont il m'a envoyé d'ailleurs un exemplaire, et qui ont été examinées fraîches par divers botanistes émérites<sup>(1)</sup>, n'étaient point fertiles et n'avaient pas de grains de pollen.

Dans ce cas de *non-existence* de gamètes mâles sur la liane anormale, on est en droit de considérer la plante comme étant restée entièrement femelle, mais ayant modifié légèrement ses feuilles florales.

Le cas qui nous occupe actuellement est différent.

Sans aucun doute, les fleurs mâles ont du pollen mûr, les fleurs femelles sont normalement constituées ; quelques-unes ont été fécondées, ont donné des graines arrivées à maturité et une liane entière, avec de nombreuses fleurs, a été ainsi observée.

Quelles conclusions peut-on tirer de cette observation ? Je crois, pour ma part, qu'il serait téméraire de chercher, sur une seule observation de cette nature, à conclure.

Nous connaissions jusqu'alors une plante dioïque qui porte ses fleurs mâles sur un pied, ses fleurs femelles sur un autre ; nous voyons aujourd'hui que cette même plante a, sur la même liane (et le fait d'observation est bien évident), ses fleurs mâles complètes et fertiles aussi bien que ses fleurs femelles qui, à maturité, donnent des graines. Nous ne pouvons que dire ceci : la plante que Linné a décrite autrefois sous le nom *Humulus*, cultivée aujourd'hui et sélectionnée en vue d'obtenir un produit commercial, *se modifie*.

---

1. M. le comte Solms de Laubach, professeur à l'Université de Strasbourg ; M. le professeur Remy, à l'École polytechnique de Berlin.

Alors que les lianes primitives étaient unisexuées, quelques-unes des lianes de certaines races, obtenues par culture, portent les deux gamètes; le fait est cependant rare.

Est-ce là un retour à un type primitif ancien ? le houblon étant au début hermaphrodite.

Ou bien, est-ce une modification nouvelle qui rapprocherait sur un même appareil végétatif les organes sexuels portés primitivement sur des pieds séparés ?

Nul ne peut se prononcer à ce sujet. Mais, la constatation de ce fait n'en est pas moins importante; elle vient, dans tous les cas, à l'appui des théories de transformations possibles des êtres vivants, par suite de l'adaptation.

On est toujours particulièrement heureux, quand on s'occupe de biologie, de pouvoir assister à des transformations de ce genre.

Quand de nombreux faits analogues auront été observés, sur diverses plantes, peut-être arrivera-t-on à tirer des conclusions dont la portée n'échappe à aucun de ceux qui s'intéressent aux sciences naturelles.

#### Explication de la planche II, T. V.

##### *Humulus lupulus.*

Cette planche est la reproduction phototypique d'une partie de la liane fraîche prise à la partie supérieure de l'appareil végétatif. Réduction à un tiers à peu près.

Quelques feuilles ont été enlevées aux deux nœuds supérieurs afin de bien mettre en évidence les diverses inflorescences.

Les inflorescences désignées par les nos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 sont nettement et uniquement formées par des fleurs mâles.

Les cônes désignés par les nos 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17 constituent des fleurs femelles normales.

Les numéros suivants, 18, 19, 20, 21, 22, 23 et 24, montrent les inflorescences dont les pédoncules portent à la fois des fleurs mâles à la base et des fleurs femelles avec bractées à l'extrémité.

---

# OUVRAGES

## REÇUS PAR LA SOCIÉTÉ PENDANT L'ANNÉE 1904

N. B. — Il n'est pas envoyé d'accusés de réception; la liste des ouvrages reçus, rédigée avec soin, en tient lieu.

### I. — Publications périodiques.

- ACIREALE. — Atti e rendiconti dell' Accademia di scienze, lettere ed arti degli zelanti. Vol. II, 1902-1903.
- AMIENS. — Bulletin de la Société industrielle. 1903, fasc. 5, 6; 1904, fasc. 1, 2, 3.
- AMSTERDAM. — Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie der Wetenschappen: D. XII, 1903-1904, 1, 2.
- Proceedings... vol. VI, 1, 2.
  - Verhandelingen... 1<sup>re</sup> sect., D. VIII, 6, 7.
  - — 2<sup>e</sup> sect., D. X, 1-6.
- ANGERS. — Bulletin de la Société d'études scientifiques. 33<sup>e</sup> année, 1903.
- Bulletin de la Société industrielle et agricole d'Angers et de Maine-et-Loire. 1903.
- ARCACHON. — Société scientifique. Année 1903.
- AUTUN. — Bulletin de la Société d'histoire naturelle. 1903, 16<sup>e</sup> Bulletin.
- BALE. — Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. B. XV, 2.
- BATAVIA. — Koninklijke natuurkundige vereeniging in Nederl.-Indië. D. LXIII.
- BELFORT. — Bulletin de la Société belfortaine d'émulation. 1904.
- BERGEN. — Museum Aarbog. 1903, 3; 1904, 1, 2.
- Aarsberetning. 1903.
  - An Account. Vol. V, 1-6.
- BERLIN. — Sitzungsberichte der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften. 1903, 41-53; 1904, 1-40.
- BERNE. — Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern. 1551-1564.
- Société helvétique des sciences naturelles. 1903, 86.
- BESANÇON. — Mémoires de la Société d'émulation du Doubs. 1902.
- Société d'histoire naturelle du Doubs. N<sup>o</sup> 5.
- BÉZIERS. — Bulletin de la Société d'études des sciences naturelles de Béziers. 1902.
- BONN. — Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens. 1903, 2; 1904, 1.
- Sitzungsberichte der niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn. 1903, 2; 1904, 1.

- BORDEAUX. — Actes de la Société linnéenne de Bordeaux. 6<sup>e</sup> série, t. VIII.  
 — Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 6<sup>e</sup> série, t. II, fasc. 1; t. III.  
 — Procès-verbaux. 1902-1903.  
 — Observations pluviométriques. 1902-1903.
- BOSTON. — Proceedings of the American Academy of arts and sciences of Boston. T. XXXIX, nos 5-24; t. XL, nos 1-9.
- BOURG. — Annales de la Société d'émulation et d'agriculture. 1903, 4; 1904, 1, 2, 3.  
 — Bulletin de la Société des naturalistes de l'Ain. 1904, 2.
- BRESLAU. — Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur. 1903, 81 J.
- BRUNN. — Verhandlungen des naturforschenden Vereins in Brünn. XLI, 1902.  
 — Bericht der meteorologischen... 1901.
- BRUXELLES. — Annales de la Société scientifique. 1902-1903, 4<sup>e</sup> suppl.; 1903-1904, 1, 2, 3, 4; table 1878-1901.  
 — Revue des questions scientifiques. T. V; table 1877-1901; t. VI, 1, 2, 3, 4.  
 — Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique. 1903, 40.  
 — Bulletin (cl. des sciences) de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. 1903, 11, 12; 1904, 1-8.  
 — Mémoires couronnés in-8<sup>o</sup>. T. LXIII, 8; t. LXIV; t. LXV, 1, 2; t. LXVI.  
 — Mémoires in-4<sup>o</sup>. T. LIV, 6.  
 — Mémoires couronnés in-4<sup>o</sup>. T. LXII, 5, 6, 7.  
 — Annuaire. 1904.
- BUCAREST. — Bulletin de l'Institut météorologique de Roumanie. Année XI, 1902.  
 — Annales, t. XVI, 1900.
- BUENOS-AIRES. — Anales del Museo nacional. T. II, III.
- CAEN. — Mémoires de l'Académie nationale des sciences, arts et belles-lettres. 1903.  
 — Bulletin de la Société linnéenne de Normandie. 5<sup>e</sup> série, 1903, vol. 7.  
 — Mémoires in-4<sup>o</sup>. Vol. XXI, fasc. 1<sup>er</sup>.
- CARCASSONNE. — Société d'études scientifiques de l'Aude. T. XIV, 1903.
- CARLSRUHE. — Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins. T. XVII, 1903-1904.
- CHALON-SUR-SAÔNE. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire. 1903, 11, 12; 1904, 1-10.
- CHEMNITZ. — Bericht der naturwissenschaftliche Gesellschaft. 22 octobre 1899-30 septembre 1903.
- CHERBOURG. — Mémoires de la Société nationale des sciences naturelles. T. XXXIII, 2.
- CHICAGO. — Field Columbian Museum : Publications, vol. III, 7; géologie, vol. II, 3, 4, 5; zoologie, vol. I, 2-6; vol. III, 12-16; vol. IV, 1, 2.
- COIRE. — Jahresbericht der naturforschende Gesellschaft Graubündens. 1902-1903, 1903-1904, XLVI. B.

- COLUMBUS. — Journal de Mycologie, nos 69-73.  
 — The Ohio Naturalist. Vol. IV, 5-8; vol. V, 2.
- COPENHAGUE. — Oversigt over det kongelige danske videnskaberne Selskab.  
 1903, 6; 1904, 1-5.  
 — Mémoires... 7<sup>e</sup> série, t. I, 1, 2, 3; t. II, 1, 2, 3.
- CRACOVIE. — Bulletin international de l'Académie des sciences :  
 — Sciences mathématiques et naturelles. 1903, nos 8-10; 1904, nos 1-7.  
 — Philologie, histoire et philosophie. 1903, nos 8-10; 1904, nos 1-7.  
 — Catalogue. T. III, 2, 3, 4.
- ÉPINAL. — Annales de la Société d'émulation des Vosges. 1904.
- ÉVREUX. — Recueil de la Société libre d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres de l'Eure. 6<sup>e</sup> série, t. I<sup>er</sup>, 1903.
- FLORENCE. — « Redia » R. Stazione di entomologia agraria. 1903, vol. I, fasc. 1.
- FRANCFORT-SUR-ODER. — Abhandlungen und Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereins. T. XXI, 1904.
- FRIBOURG-EN-BRISGAU. — Berichte der naturforschende Gesellschaft zu Freiburg-im-Breisgau. B. XIV.
- GÈNES. — Atti della Società ligustica di scienze naturali geografiche. Vol. XIV, 3, 4; vol. XV, 1, 2, 3.
- GËRLITZ. — Abhandlungen der naturforschende Gesellschaft. 1904, 24. B.
- GOTHEMBOURG. — Kong. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhallets handlingar. V-VI.
- HAMBOURG-ALTONA. — Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins. XI, 1903.
- HARLEM. — Société hollandaise des sciences. T. IX, 1-5.
- HAVRE (LE). — Bulletin de la Société géologique de Normandie. T. XXII, 1902; t. XXIII, 1903.
- HELSINGFORS. — Observations de l'Institut météorologique. 1897-1898.
- INSPRUCK. — Zeitschrift des Ferdinandeum für Tyrol und Vorarlberg. 48. H. 1904.
- KANSAS. — Bulletin of the University of Kansas. Vol. II, 1-15.
- KHARKOFF. — Travaux de la Société des sciences physico-chimiques. T. XXIX; XXX, 1, 2; XXXI, 1-4 et suppléments.
- KIEF. — Mémoires de la Société des naturalistes. T. XVIII.
- LANGRES. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de la Haute-Marne. 1<sup>re</sup> année, nos 1, 2.
- LAUSANNE. — Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles. Nos 148, 149, 150.
- LEIPZIG. — Berichte über die Verhandlungen der königlich-sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1903, 6, 7; 1904, 1-4.  
 — Abhandlungen... B. XXVIII, 6; B. XXIX, 1, 2.  
 — Mittheilungen des Vereins für Erdkunde. 1903.  
 — Wissenschaftliche... 1904, 5.
- LIÈGE. — Annales de la Société géologique de Belgique. T. XXX.  
 — Mémoires de la Société royale des sciences. 3<sup>e</sup> série, t. V.
- LUCERNE. — Mittheilungen der naturforschende Gesellschaft in Luzern, IV. H. 1904.

- LUXEMBOURG. — Publications de l'Institut royal grand-ducal de Luxembourg. 1904, 27 B.
- « Fauna » Verein Luxemburger Naturfreunde. 1903.
- LYON. — Actes de la Société linnéenne. 1903, 50.
- Annales de la Société botanique. 1903, 28.
- MACON. — Journal des naturalistes. Nos 14, 15, 16.
- MADISON. — Transactions of the Wisconsin Academy of sciences, arts and letters. Vol. XIII, 1901, p. 2; vol. XIV, 1902, p. 1.
- MANCHESTER. — Memoirs of the literary and philosophical Society. Vol. 48, II, III.
- MARSEILLE. — Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille. 1903, 3-4.
- METZ. — Bulletin de la Société d'histoire naturelle. 23<sup>e</sup> cahier.
- MEXICO. — Bulletin mensuel de l'Observatoire météorologique central. 1902, 3-7.
- Parergones... T. I, 1-5.
- Memorias de la Sociedad científica Antonio Alzate. 1901, 7, 8; t. XIX, 5, 8, 10; t. XX, 1-10.
- MONTAUBAN. — Recueil de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Tarn-et-Garonne. 2<sup>e</sup> série, t. XIX.
- MONTBÉLIARD. — Mémoires de la Société d'émulation. 30<sup>e</sup> vol.
- MONTEVIDEO. — Anales del Museo nacional. Série II. Enhega 1. Section hist.-philosophique. T. I.
- MONTPELLIER. — Mémoires de l'Académie des sciences et lettres. T. III, fasc. 4.
- MOSCOU. — Bulletin de la Société impériale des naturalistes. 1903, 2, 3, 4; 1904, 1.
- MUNICH. — Berichte der bairischen botanischen Gesellschaft. B. IX.
- Mitteilungen... 1903, 27, 32, 33.
- NANCY. — Bulletin de la Société lorraine de photographie. 1904, nos 1-10.
- Bulletin de la Société de géographie de l'Est. 1904, 1-4.
- Bulletin de la Commission météorologique de Meurthe-et-Moselle. 1903.
- NANTES. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'ouest de la France. 2<sup>e</sup> série, t. III, 3-4; t. IV, 1-2.
- NAPLES. — Atti della Reale Accademia di scienze morali politiche. 34<sup>e</sup> vol., 1903.
- C. R... 1901; 1902.
- Bulletin de la Société des naturalistes. Vol. XXII.
- Annali di Neurologia. Anno XXI, 5, 6; anno XXII, 1-4.
- NEUCHÂTEL. — Bulletin de la Société des sciences naturelles. T. XXVIII, 1899-1900.
- Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie. T. XV, 1904.
- NEW-YORK. — Transactions of the Academy of sciences. Vol. XIV, 3-4; vol. XV, 2.
- NORT. — Bulletin de la Société botanique des Deux-Sèvres. 1903, 15<sup>e</sup> Bulletin.
- OBERLIN (Ohio). — The Wilson Bulletin, a Quarterly Journal of ornithology. 1902, vol. IX, 1-4; 1903, vol. X, 1-4; 1904, vol. XI, 1-4.
- Laboratory bulletin. 11, 12.



- PARIS. — Association française pour l'avancement des sciences. 32<sup>e</sup> session.  
Angers. 1903, I, II.  
— Informations et documents divers. 1903, n<sup>o</sup> 109.  
— Bulletin mensuel. 1904, 1-10.  
— Congrès des Sociétés savantes des départements. 1903.  
— Feuille des jeunes naturalistes. N<sup>os</sup> 400 à 411.
- PERPIGNAN. — Mémoires de la Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales. 45<sup>e</sup> volume, 1904.
- PHILADELPHIE. — Proceedings of the Academy of natural sciences. Vol. LX, p. 2, 3; vol. LXI, p. 1, 2.  
— Journal... T. XII, p. 3, 4.
- PISE. — Processi-verbali della Società toscana di scienze naturali. Vol. XIV, pp. 1-90.
- PORTUGAL. — Regia scuola superiore di agricultura. Série II, vol. III, 1902.  
— Bulletin... N<sup>o</sup> 7.
- PRESBOURG. — Verhandlungen des Vereins für Natur- und Heilkunde. 1903.
- RIO-DE-JANEIRO. — Bulletin mensuel de l'Observatoire astronomique et météorologique. 1903, 4-12.  
— Bulletin mensuel du ministère de la marine. Année VIII, 5-12; année IX, 1-3.  
— Annuaire. 1904.
- ROCHESTER. — Academy of sciences. Vol. IV, pp. 137-148.
- ROME. — Atti della reale Accademia dei Lincei. Vol. XIII, 1-12 (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> semestres 1904).  
— Dell' Adunanza solenne. 1904.
- ROUEN. — Bulletin de la Société des Amis des sciences naturelles. 1902, 1, 2; 1903.
- SAINT-DIÉ. — Bulletin de la Société philomathique vosgienne. 1903-1904.
- SAINT-GALL. — Sankt-Gallische naturwissenschaftliche Gesellschaft. 1901-1902.
- SAINT-LOUIS (MISSOURI). — The Transactions of the Academy of sciences. T. XII, 9, 10; t. XIII, 1-9; t. XIV, 1-6.  
— Missouri botanical Garden. 1904.
- SAINT-PÉTERSBOURG. — Archives des sciences biologiques. T. X, 2-5.  
— Bulletin du Comité géologique. T. XXII, 1-4.  
— Mémoires... T. XIII, 4; t. XV, 1; t. XIX, 2; nouvelle série, t. I, 4-9, 12.
- STOCKHOLM. — Kongliga Svenska Vetenskaps Akademi. B. 37, 4-8; B. 38, 1-5.  
— Botanique. B. I, 4; B. II, 1-4; B. III, 1-3.  
— Chimie, etc. B. I, 2.  
— Zoologie. B. I, 3-4.  
— Aarsbok... 1904.
- TOLUCA. — Bulletin météorologique de l'État de Mexico. T. VII, 76, 77, 78.
- TOULOUSE. — Bulletin de la Station de pisciculture. 1903.  
— Rapport annuel des travaux des Facultés. 1902-1903.  
— Annuaire de l'Université. 1904-1905.  
— Mémoires de l'Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres. 10<sup>e</sup> série, t. III, IV.

- TOULOUSE. — Bulletin de la Société d'histoire naturelle. T. XXXVI, 8, 9; t. XXXVII, 1-4.
- TOURS. — Annales de la Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département d'Indre-et-Loire. 1903, t. LXXXIII.
- TROÏTNOSSOWSK-KIACHTA. — Relation de la Société impériale russe de géographie. T. V, 2; t. VI, 1, 2.
- UPSAL. — Nova acta Regiæ Societas scientiarum. Vol. XX, 2.
- URBANA. — State laboratory of natural history. Vol. VII, 1, 2, 3. Index.
- VIENNE. — Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften :  
Minéralogie, botanique, zoologie, géologie et paléontologie. B. CXI, H. 10; B. CXII, H. 1-3. Chimie. B. CXII, H. 1-6.  
— Verhandlungen der kaiserl.-königl. zoologischen und botanischen Gesellschaft. B. LIII u. LIV.  
— Annalen des k.-k. naturhistorischen Hofmuseums. B. XVI, 3-4; B. XVII, 1-4; B. XVIII, 1-4. Erdbeben Commission XIV-XXI.
- WASHINGTON. — Smithsonian Institution. 1902, 1, 2.  
— Annual report of the Bureau of Ethnology. 1898-1899.  
— Experiment station record (secretary of agriculture). Vol. XV, 4-12; vol. XVI, 1-3.
- WIESBADEN. — Nassauischer Verein für Naturkunde. J. 57.
- WINTERTHUR. — Mitteilungen der naturwissenschaftlichen Gesellschaft. 1900-1904, V.
- ZAGRA. — Glasnik. Societas historico-naturalis Croatica. T. XV, 2; t. XVI, 1.
- ZURICH. — Naturforschende Gesellschaft in Zurich. 48, 3, 4; 49, 1, 2.

## II. — Mémoires originaux.

- CANN (F.). — Étude des Bryozoaires tertiaires recueillis en 1885 et 1886, par M. Ph. Thomas, dans la région sud de la Tunisie. Paris, 1904, 2 vol. in-8° et in-4° (texte et atlas).
- CORONAT (Gustave). — Contribution à l'étude des séquestrations arbitraires. Toulouse, 1904, 1 vol. in-8°.
- GRAND'ÉURY. — Sur les graines des névroptéridées. Paris, 1904, 1 plaq. in-4°.  
— Sur les sols de végétation fossiles des sigillaires et des lépidodendrons. — Sur les rhizomes et les racines des fougères fossiles et des cycadofilices. — Sur le caractère paludéen des plantes qui ont formé les combustibles fossiles de tout âge. — Sur les conditions générales et l'unité de formation des combustibles minéraux de tout âge et de toute espèce. Paris, 1904, 1 br. in-4°.
- LAJOUX et GRANDVAL. — Médicaments chimiques organiques inscrits au supplément du Codex. — Dosage des alcaloïdes. Reims-Paris, 1897, 1 vol. in-8° cart.
- LESSERRE (J.). — Contribution à l'étude du genre Nogardia. Description d'une espèce nouvelle. Toulouse, 1904, 1 vol. in-8°.

- LASTEYRIE (R. de). — Bibliographie des travaux historiques et archéologiques publiés par les Sociétés savantes de la France. T. IV, 3<sup>e</sup> livraison. Paris, 1904, 1 vol. in-4<sup>o</sup>.
- LASTEYRIE (R. de) et VIDIER. — Bibliographie générale des travaux historiques et archéologiques publiés par les Sociétés savantes de la France. 1901-1902. Paris, 1904, 1 vol. in-4<sup>o</sup>.
- LÉTIENNE (A.) et MASSELIN (J.). — Précis d'urologie clinique. Paris, 1904, 1 vol. in-8<sup>o</sup>.
- LEVITZKI (Q. B.). — Dictionnaire biographique des professeurs et des maîtres de l'Université impériale de Dorpat. 1802-1902, vol. II. Dorpat, 1903. 1 vol. in-8<sup>o</sup>.
- LOHEST, HABETS et FORIR. — La géologie et la reconnaissance du terrain houiller du nord de la Belgique. Liège, 1904, 1 vol. in-8<sup>o</sup>.
- MORÈRE (Jean). — Contribution à l'étude des abcès du pénis. Toulouse, 1904, 1 vol. in-8<sup>o</sup>.
- NOËL (C.). — Sur la faune des lydiennes du grès vosgien. Paris, 1904, 1 plaq. in-4<sup>o</sup>.
- PASQUER (E.). — La terre tourne-t-elle? Bruxelles, 1904, 1 br. in-8<sup>o</sup>.
- POINCARÉ (H.). — Théorie de Maxwell et les oscillations Hertiennes. — La télégraphie sans fil. Paris, 1904, 1 vol. in-8<sup>o</sup> cart.
- Prix Nobel en 1901 (Les). Stockholm, 1904, 1 vol. in-8<sup>o</sup>.
- Relacion de las ceremonias y ritos y Poblacion y gobernacion de los Indios de la provincia de Mechuachan. Morelia, 1903, 1 vol. in-8<sup>o</sup>.
- TEIXEIRA (Gomes). — Obras sobre mathematica. Coïmbra, 1904, 1 vol. in-4<sup>o</sup>.
-

## SOCIÉTÉS CORRESPONDANTES

---

### *Sociétés françaises*

- AMIENS. — Société linnéenne du nord de la France.  
— Société industrielle d'Amiens.
- ANGERS. — Société d'études scientifiques d'Angers.  
— Société industrielle et agricole d'Angers et du département de Maine-et-Loire.
- ARCACHON. — Société scientifique et station d'Arcachon.
- AUTUN. — Société des sciences naturelles.
- BELFORT. — Société belfortaine d'émulation.
- BESANÇON. — Société d'émulation du Doubs.  
— Société d'histoire naturelle du Doubs.
- BÉZIERS. — Société d'études des sciences naturelles de Béziers.
- BORDEAUX. — Société linnéenne de Bordeaux.  
— Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux.
- BOURG. — Société d'émulation et d'agriculture.  
— Société des naturalistes de l'Ain.
- CAEN. — Académie nationale des sciences, arts et belles-lettres de Caen.  
— Société linnéenne de Normandie.
- CARCASSONNE. — Société d'études scientifiques de l'Aude.
- CHALON-SUR-SAÔNE. — Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire.
- CHARLEVILLE. — Société d'histoire naturelle des Ardennes.
- CHERBOURG. — Société nationale des sciences naturelles de Cherbourg.
- ÉPINAL. — Société d'émulation du département des Vosges.
- ÉVREUX. — Société libre d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres de l'Eure.
- GRAY. — Société grayloise d'émulation.
- GUÉRET. — Société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse.
- HAVRE (LE). — Société des arts agricoles et horticoles du Havre.
- LANGRES. — Société d'histoire naturelle de la Haute-Marne.
- LYON. — Société linnéenne de Lyon.  
— Société botanique de Lyon.
- MACON. — Société d'histoire naturelle.
- MARSEILLE. — Société scientifique industrielle de Marseille.  
— Annales de la Faculté des sciences de Marseille.
- MONTAUBAN. — Académie des sciences, lettres et arts de Tarn-et-Garonne.

MONTBÉLIARD. — Société d'émulation de Montbéliard.

MONTPELLIER. — Académie des sciences et lettres de Montpellier (Section des sciences).

NANCY. — Académie de Stanislas.

— Société de médecine.

— Société de géographie de l'Est.

— Commission météorologique du département de Meurthe-et-Moselle.

— Société lorraine de photographie.

— Société industrielle de l'Est.

NANTES. — Société des sciences naturelles de l'ouest de la France.

NIMES. — Société d'études des sciences naturelles de Nîmes.

NIORT. — Société botanique des Deux-Sèvres.

PARIS. — Académie des sciences.

— Association française pour l'avancement des sciences.

— Comité ornithologique international.

— La Feuille des Jeunes Naturalistes.

— Muséum d'histoire naturelle.

— Bibliothèque universitaire de la Sorbonne.

PERPIGNAN. — Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales.

REIMS. — Société d'étude des sciences naturelles.

ROUEN. — Société des Amis des sciences naturelles de Rouen.

SAINT-DIÉ. — Société philomathique vosgienne de Saint-Dié.

TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse.

— Université.

— Société d'histoire naturelle.

TOURS. — Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département d'Indre-et-Loire.

VERDUN. — Société philomathique de Verdun.

VITRY-LE-FRANÇOIS. — Société des sciences et arts.

### *Sociétés étrangères*

ACIREALE. — Accademia di scienze, lettere ed arti degli zelanti.

AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie der Wetenschappen (Académie royale des sciences).

BALE. — Naturforschende Gesellschaft in Basel.

BATAVIA. — Koninklijke natuurkundige vereeninging in Nederl.-Indië.

BERGEN. — Bergens museums Aarvog.

BERLIN. — Königl.-Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

BERNE. — Naturforschende Gesellschaft in Bern.

— Schweizerische naturforschende Gesellschaft.

BONN. — Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westfalens.

— Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.

- BOSTON. — American Academy of Arts and Sciences of Boston (Massachusetts).
- BRESLAU. — Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur.
- BRUNN. — Naturforschender Verein in Brunn.
- BRUXELLES. — Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique.
- Société royale de botanique de Belgique.
  - Société scientifique.
- BUGAREST. — Institut météorologique de Roumanie.
- BUENOS-AIRES. — Museo nacional de Buenos-Aires.
- BUFFALO. — Society of natural sciences.
- CARLSRUHE. — Naturwissenschaftlicher Verein.
- CHEMNITZ (Saxe). — Naturwissenschaftliche Gesellschaft zu Chemnitz.
- CHICAGO. — Field Columbian Museum.
- CINCINNATI. — Lloyd library of botany, pharmacy and materia medica.
- COIRE. — Naturforschende Gesellschaft Graubündens.
- COLMAR. — Société d'histoire naturelle de Colmar.
- COLUMBUS (Ohio). — Journal de Mycologie de l'Université.
- COPENHAGUE. — Kongelige danske videnskabernes selskabs (Académie royale danoise des sciences).
- COSTA-RICA. — Museo nacional de Costa-Rica.
- CRACOVIE. — Académie des sciences.
- DANZIG. — Naturforschende Gesellschaft in Danzig.
- DORPAT. — Université.
- FLORENCE. — R. Stazione di entomologia agraria.
- FRANCFORT-SUR-ODER. — Naturwissenschaftlicher Verein.
- FRAUENFELD. — Thurgauische naturforschende Gesellschaft.
- FRIBOURG. — Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau (grand-duché de Bade).
- GÈNES. — Società ligustica di scienze naturali e geografiche di Genova.
- GENÈVE. — Jardin botanique.
- GIESSEN. — Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
- GÖRLITZ (Silésie). — Naturforschende Gesellschaft zu Görlitz.
- GOTHEMBOURG. — Kungl. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles handlingar.
- GRANVILLE (Ohio). — Denison scientific Association.
- GRAZ. — Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark (Styrie).
- HALIFAX. — Institute of natural science.
- HALLE. — Academiæ Cæsareæ Leopoldino-Carolinæ Germanicæ naturæ curiosorum.
- HAMBOURG-ALTONA. — Wissenschaftlicher Verein von Hamburg-Altona.
- HARLEM. — Société hollandaise des sciences.
- HELSINGFORS. — Vetenskaps-Societetens af Finska (Société des sciences de la Finlande).
- Sällskapet pro Faunä et Florä fennicä (Société pour la faune et la flore de la Finlande).
  - Geografiska föreningen i Finland.
- INSPRUCK. — Ferdinandeum für Tyrol und Vorarlberg.

- KANSAS. — Kansas university quaterly.
- KHARKOV. — Université.
- KIEW. — Société des Naturalistes attachés à l'Université impériale de Saint-Wladimir, à Kiew.
- LAUSANNE. — Société vaudoise des sciences naturelles.
- LEIPZIG. — Königl. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig.  
— Verein für Erdkunde.
- LIÈGE. — Société géologique de Belgique.  
— Société royale des sciences.
- LIVERPOOL. — Biological Society.
- LUCERNE. — Naturforschende Gesellschaft in Lucern.
- LUXEMBOURG. — Institut royal grand-ducal de Luxembourg (Section des sciences naturelles et mathématiques).  
— « Fauna », Verein für Luxemburger Naturfreunde.  
— Société botanique.
- MADISON. — Wisconsin Academy of sciences, arts and letters.
- MANCHESTER. — Litterary and philosophical Society of Manchester.
- MERIDEN. — Scientific association.
- METZ. — Société d'histoire naturelle de Metz.
- MEXICO. — Sociedad científica Antonio Alzate.  
— Observatoire météorologique de Tacubaya.
- MONTEVIDEO. — Museo nacional de Montevideo.
- MOSCOU. — Société impériale des naturalistes de Moscou.
- MUNICH. — Königl. Baiersche Akademie der Wissenschaften (mathem. u. physik. Abth.).  
— Bayerische botanische Gesellschaft.
- MUNSTER. — Westfälischer Provinzial Verein für Wissenschaft und Kunst.
- NAPLES. — Accademia reale di scienze morali e politiche.  
— Società di naturalisti.  
— Annali di Neurologia.
- NEUCHÂTEL. — Société des sciences naturelles de Neuchâtel (Suisse).  
— Société neuchâteloise de géographie.
- NEW-YORK. — Academy of sciences.
- OFFENBACH. — Verein für Naturkunde in Offenbach am Main.
- OSNABRUCK. — Wissenschaftlicher Verein.
- PHILADELPHIE. — Academy of natural sciences of Philadelphia (Pensylvanie).
- PISE. — Società toscana di scienze naturali in Pisa.
- PÖRTICI. — Rivista di Patologia vegetale.
- PRAGUE. — Königl. Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften in Prag.
- PRESBOURG. — Verein für Natur- und Heilkunde.
- RIO-DE-JANEIRO. — Observatoire astronomique et météorologique.  
— Museo Nacional.
- ROME. — Accademia reale dei Lincei.
- SAINT-GALL. — Sankt-Gallische naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- SAINT-LOUIS. — Academy of sciences of Saint-Louis (Missouri).  
— Missouri botanical Garden.
- SAINT-PÉTERSBOURG. — Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg.

- SAINT-PÉTERSBOURG. — Comité géologique (Institut des Mines).  
— Institut de médecine expérimentale.
- SAN-FRANCISCO. — Academy of sciences of California.
- SASSARI. — Studi Sassari.
- STOCKHOLM. — Kongl. Svenska Vetenskaps Akademiens (Académie royale suédoise des sciences).
- TOLUCA (Mexique). — Service météorologique.
- TROÏTNOSSOWSK-KIACHTA. — Société impériale russe de géographie (Sibérie occidentale).
- UPSAL. — Regia societas scientiarum Upsaliensis.
- URBANA (Illinois). — State laboratory of natural history.
- VIENNE. — Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien (mathemat. u. wissenschaftliche Abth.).  
— Kaiserl.-Königl. naturhistorisches Hofmuseum.  
— Kaiserl.-Königl. zoologische und botanische Gesellschaft in Wien.
- WASHINGTON (D. C. U. S. A.). — Smithsonian Institution.  
— Bureau of Ethnology.  
— Experiment station record (secretary of agriculture).
- WIESBADEN. — Nassauischer Verein für Naturkunde.
- WINTERTHUR. — Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- ZAGRA. — Societas historico-naturalis croatica.
- ZÜRICH. — Naturforschende Gesellschaft in Zürich.
-



# TABLE DES MATIÈRES

---

ANNÉE 1904. — SÉRIE III, TOME V, FASCICULES I, II, III, IV

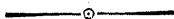
	Pages.
Bureau et conseil d'administration. . . . .	v
Liste des membres de la Société. . . . .	v

I. — PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES. . . . .	XI
--	----

## II. — MÉMOIRES ORIGINAUX.

Action des chlorures diazoïques sur les éthers acétylacétiques chlorés $\alpha$ , par G. FAVREL . . . . .	1
Observation médicale au sujet d'un Diptère ( <i>Anthomyia</i> ou <i>Homalomyia</i> <i>canicularis</i> , L.). Contribution à l'étude de la Myiasis, par C. BAU- NOTTE, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Nancy . . . . .	6
Stations préhistoriques de Kleinkems (grand-duché de Bade), par M. Mathieu MIEG . . . . .	14
Sur quelques modifications à la reproduction des cloisons des Ammo- nites par la photographie, par René NICLÈS . . . . .	23
Sur le <i>looping the loop</i> , par M. G. FLOQUET . . . . .	31
Météorologie rétrospective. Nancy, 1854-1903. . . . .	98
Faculté d'imbibition de la couverture morte du sol des forêts, par M. E. HENRY . . . . .	105
Sur certains mouvements déterminés par l'approche des corps vivants ou d'objets qui préalablement ont été mis en contact avec ces corps, par M. P. DUMONT. . . . .	115
Sur la composition des amalgames . . . . .	119
Antagonisme physiologique entre l'alcool et la strychnine; son impor- tance en médecine judiciaire, par le Dr G. GUÉRIN, professeur de toxicologie à l'École supérieure de pharmacie de Nancy. . . . .	119
L'Arnistérine, phytostérine de l' <i>Arnica montana</i> , L., par M. T. KLOBB.	123

	Pages.
La Castration femelle et l'androgénie parasitaire du <i>Lonicera Periclymenum</i> , par le professeur Paul VUILLEMIN. . . . .	129
Action du bromure d'éthylène sur la benzine, en présence de chlorure d'aluminium, par M. GIRARDET . . . . .	147
Invasions récentes d'insectes forestiers en Lorraine et moyens de les combattre, par M. E. HENRY . . . . .	153
Observation d'une liane anormale de houblon bisexuée (présentation du sujet), par Camille BRUNOTTE, professeur à l'Université de Nancy (École supérieure de pharmacie) . . . . .	173
Ouvrages reçus par la Société pendant l'année 1904. . . . .	180
Sociétés correspondantes. . . . .	187

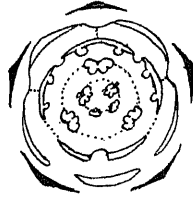




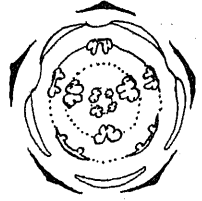
I



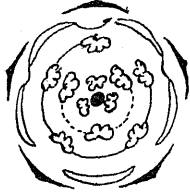
II



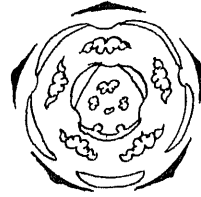
III



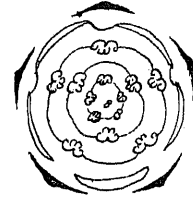
IV



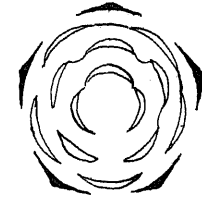
V



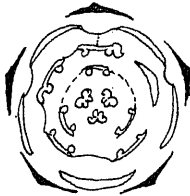
VI



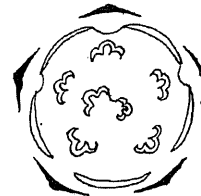
VII



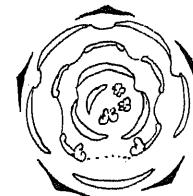
VIII



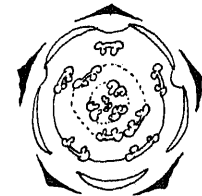
IX



X



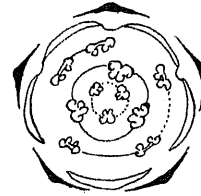
XI



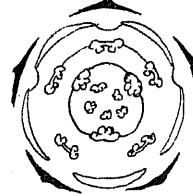
XII



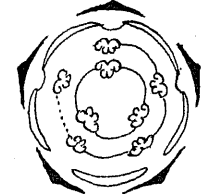
XIII



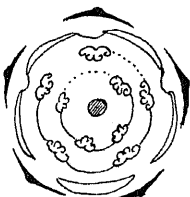
XIV



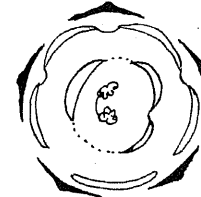
XV



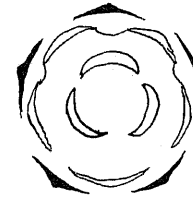
XVI



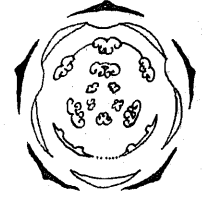
XVII



XVIII



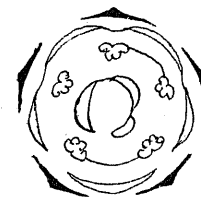
XIX



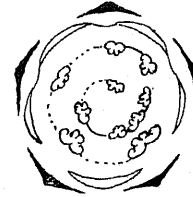
XX



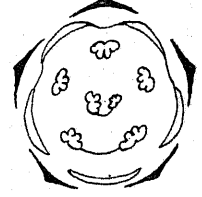
XXI



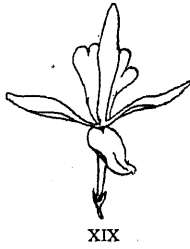
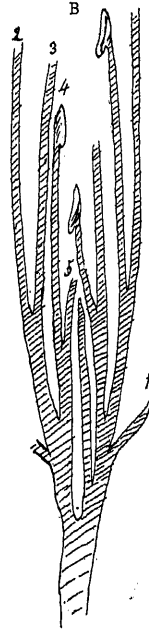
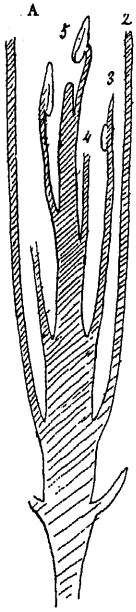
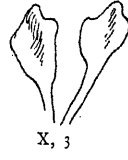
XXII

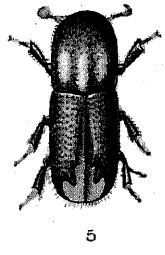
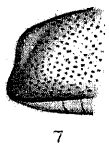
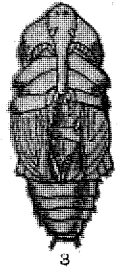
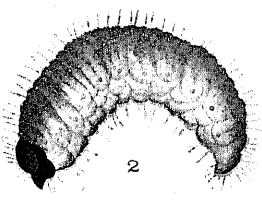
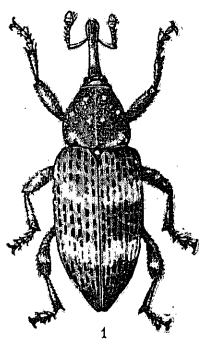
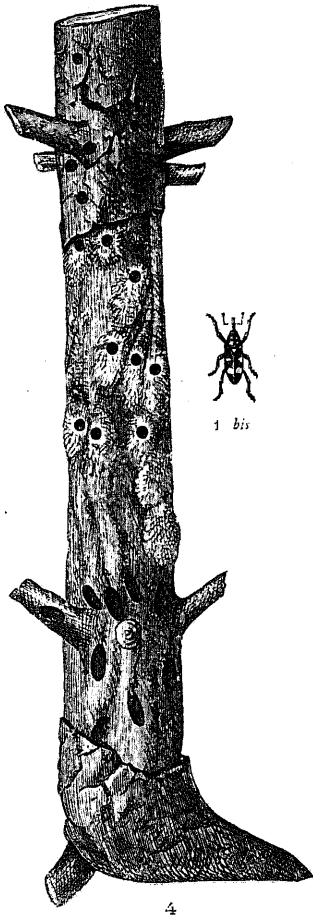


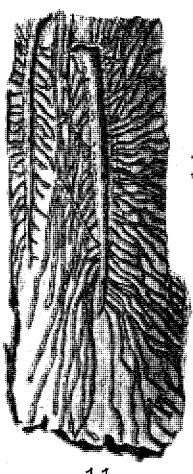
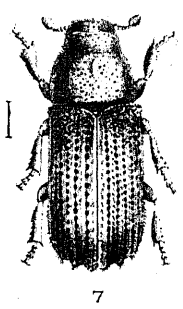
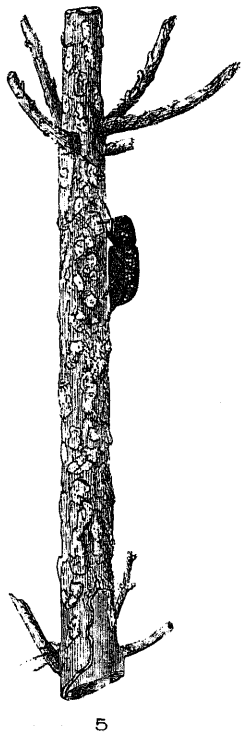
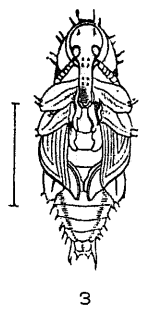
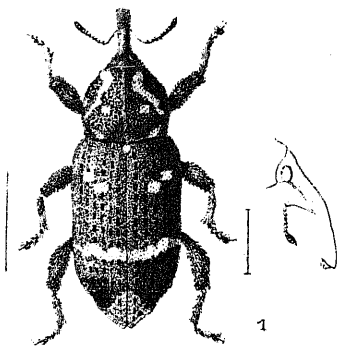
XXIII

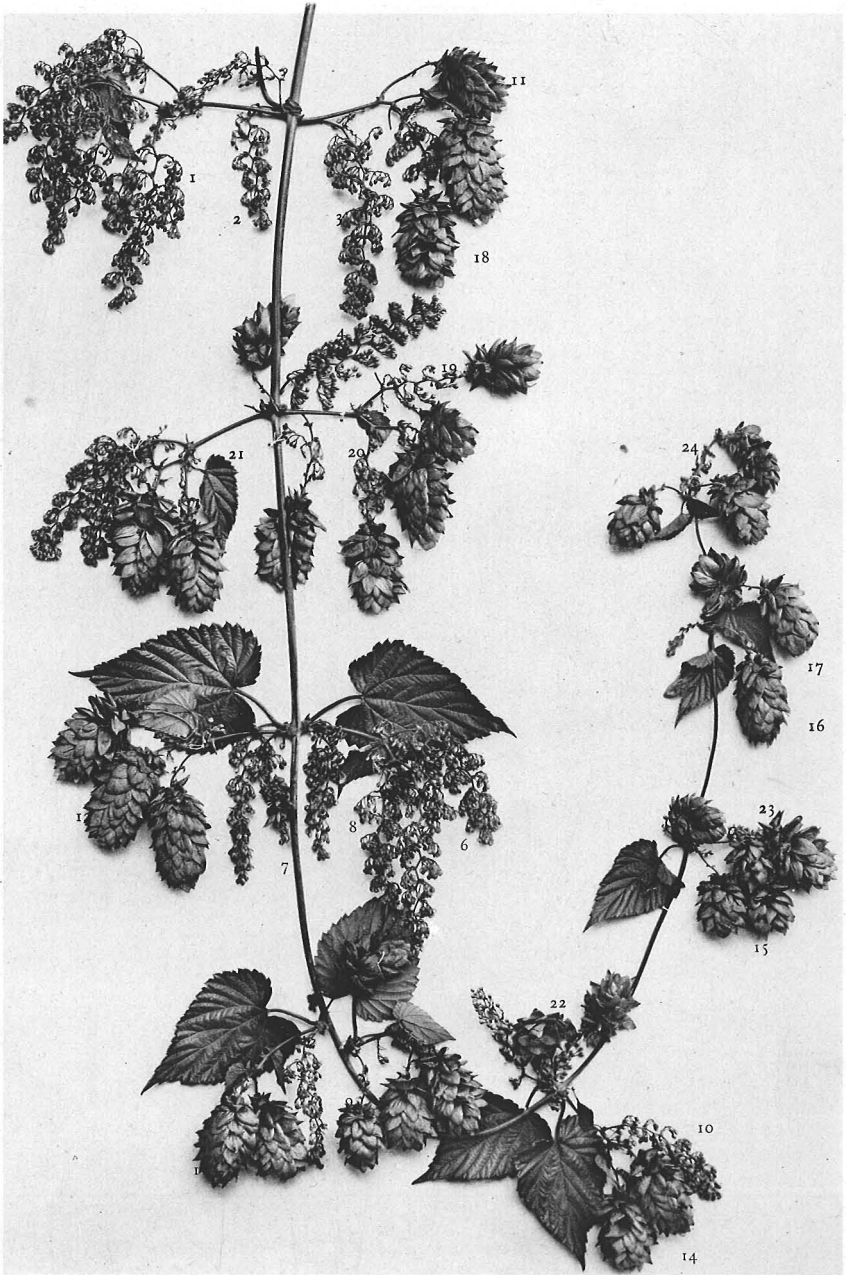


XXIV









Phototypie A. Bergeret et C<sup>o</sup>, Nancy

Liane bisexuée de *Humulus Lupulus*  
(Réduite à  $\frac{1}{3}$ )