Procès-verbaux des séances

1923—1924

Séance du 8 novembre 1923.

Présidence de M. le prof. Dr P. Joye.

M. le prof. Joye déclinant toute nouvelle nomination est remplacé comme président, par M. le prof. Dr S. Bays.

Les autres membres du bureau conservent leurs charges.

La soie, par M. Paul Demont, Dr ès-sciences. — *La soie naturelle.* — La soie, par son éclat, sa finesse, sa résistance à la rupture, et la beauté des couleurs qu'elle est susceptible de prendre en teinture, constitue la plus précieuse des fibres textiles. Son industrie, vieille de 46 siècles, est originaire de Chine. De cet immense empire, elle gagna l'occident en passant par les Indes, la Perse, la Grèce, et les pays latins, pour arriver à nous.

La soie est produite par quelques variétés de *Bombyx* ou vers à soie. Le *bombyx mori*, hôte du mûrier blanc, est à peu près le seul qui soit utilisé dans nos pays en sériciculture. L'élevage du ver à soie est donc dépendant de la culture du mûrier qui est, avant tout, un arbre des pays méridionaux. C'est pourquoi nous voyons en Europe cet élevage cantonné en Italie, dans le midi de la France, en Espagne et en Portugal. En Suisse, seul le Tessin et les vallées Grisonnes regardant l'Italie élèvent le ver à soie. Qu'il nous soit ici permis de donner quelques renseignements sur les tentatives de culture du mûrier blanc et du ver à soie dans le pays de Fribourg. M. le Prof. Dr Maurice Musy [1] a entretenu dans le courant de l'année 1902 la Société fribourgeoise des sciences naturelles sur ces essais. M. Musy signale à la Société un rapport présenté sur cette question, le 4 juin 1843, à la Société économique par M. Prat, directeur de l'Ecole moyenne. En 1836, M. Prat sème des graines de mûrier dans son jardin à la Torche. En 1838, les pieds en furent repiqués au nombre de 300 et ils prospérèrent. M. Prat continua à semer et à planter, mais il trouva peu d'imitateurs. Seul M. le conseiller d'Etat Charles fit, à Riaz, une plantation qui réussit parfaitement. En 1840, M. Prat fit venir des œufs de ver à soie de France ; il les fit éclore dans une écurie à vaches. Il répéta ses essais en 1841 et 1842 et il réussit parfaitement. La soie fut filée à Soleure et les résultats furent tels qu'on espéra pouvoir introduire l'industrie séricicole dans le canton. Un rapport fut adressé au Conseil d'Etat en lui demandant un subside de 200 fr. pour faire des semis de mûriers et une éducation publique de vers à soie. Le subside fut accordé, mais qu'arriva-t-il? Nous n'en savons rien ; il n'est plus question de cette industrie à la Société économique, aux protocoles de laquelle nous empruntons ces quelques données. Est-ce le fait d'un abaissement de la température qui aurait fait périr les mûriers? N'est-ce pas plutôt que les vers auront eu des maladies causées par l'humidité ou les

---

[1] Voir M. Musy: Essai de culture du mûrier blanc (Morus albus) et du ver à soie à Fribourg, in Bull. Soc. frib. des sc. nat. Vol. X, 1902, page 25.

mauvaises conditions des étables à vaches. C'est en tout cas regrettable que nous ne soyons pas renseignés sur cette question. Il reste, à l'heure qu'il est un très beau mûrier blanc près du Café de Grandfey, il s'y trouve sans doute depuis cette époque et a résisté à notre climat.

Sans chercher à entrer dans tous les détails de la culture du ver à soie jusqu'au moment où l'ouvrière recueille le fil de soie, nous allons cependant suivre rapidement les diverses phases de la sériciculture. Les bâtiments et les locaux où l'on cultive le ver à soie se nomment magnaneries. Les œufs, pondus par le papillon femelle, sont appelés communément graine de ver à soie. Ils sont, depuis l'époque de la ponte, conservés jusqu'au printemps suivant, sur des tissus de laine. A cette époque de l'année, pour les faire éclore, on les ramollit dans de l'eau tiède afin de les détacher du tissu sur lequel ils sont collés puis on les racle avec une spatule. On met ensuite la graine dans l'eau pour éliminer les œufs stériles qui surnagent ; les autres sont lavés, séchés avec précaution et placés en couches minces dans un endroit où la température s'élève progressivement de 19 à 27 degrés centigrades, depuis le premier jour jusqu'au dixième. Les œufs éclosent le onzième ou le douzième jour, en donnant naissance à de petites chenilles qui ont 3 mm. de longueur. On les couvre alors de branches de mûrier avec leurs feuilles, qui sont bientôt envahies par les chenilles. A peine sortis des œufs éclos, les vers à soie mangent avec grande avidité les feuilles de mûrier. Leur développement s'effectue avec une rapidité considérable. De trois millimètres de long qu'ils ont au début, ils atteignent 8 à 9 centimètres vers le quarantième jour de leur existence, c'est-à-dire au moment où ils vont filer leur cocon. Pendant leur courte existence, les chenilles ne changent pas moins de quatre fois d'enveloppe, elles muent après des périodes consécutives durant respectivement 5, 7 et 10 jours : ce sont leurs âges. A la fin de la cinquième qui dure 10 jours, elles sont prêtes à filer. On leur fournit alors des cabanes formées de petits fagots de bruyère ou de genêt. Des signes extérieurs avertissent l'éleveur de leurs dispositions. Elles ne tardent pas à grimper dans les abris et à commencer de filer leur cocon. Cette opération s'effectue au moyen d'un organe situé à la tête de la chenille, organe en forme de trompe, munie d'une filière à travers laquelle passe la bave qui en se solidifiant spontanément au contact de l'air, donne le fil de soie. Au bout de 3 à 4 jours de travail, le ver à soie est enfermé dans son cocon pour se changer en chrysalide, d'où, après avoir percé les parois de sa prison, il sortira papillon. Cette transformation que l'on nomme métamorphose, dure environ 18 à 20 jours. Les cocons terminés, les éleveurs les récoltent, les trient, et mettent de côté ceux qu'ils destinent à la reproduction. Les autres sont ébouillantés ou soumis à un chauffage à sec vers 80° afin de tuer l'insecte. Sur 15 cocons recueillis, on en destine un à la reproduction. Actuellement, les particuliers et les gros éleveurs ne se livrent plus à la reproduction du ver à soie, car il existe des établissements spéciaux contrôlés par l'Etat, qui s'en occupent uniquement et livrent la graine à ceux qui font l'élevage. Cette graine se vend au poids. Ordinairement, 100 grammes d'œufs qui utilisent 3500 à 5000 kilogrammes de feuilles de mûrier, produisent 150 à 200 kilogrammes de cocons.

Un bon cocon donne un fil de 1000 mètres de longueur. C'est pour parer aux dégâts commis par les maladies du ver à soie que ces établissements spéciaux ont été institués. Le grand Pasteur qui étudia ces maladies vers 1865, indiqua aussi le moyen de les éviter. Les papillons sont soumis après l'accouplement et la ponte à un examen microscopique rigoureux et tout papillon malade est détruit. On ne conserve que les œufs de couples parfaitement sains. Ainsi, les maladies sont enrayées dès l'origine.

Les cocons recueillis sont vendus aux filatures où ils sont dévidés. Ce dévidage s'effectue sur un tour. L'ouvrière fileuse trempe le cocon dans de l'eau bouillante et l'agite avec un petit balai rigide. Le fil du cocon se décolle et une des extrémités apparaît bientôt. A ce moment, suivant la grosseur qu'elle veut obtenir, la fileuse réunit ensemble plusieurs fils de cocons pour en former un seul et l'enroule sur le tour. Dès qu'un cocon est épuisé, elle ajoute le fil d'un nouveau de manière à maintenir constant le diamètre du fil. Souvent, pendant cette opération, on fait subir au fil une certaine torsion pour le rendre plus solide. Cet ensemble d'opérations se nomme le moulinage et le fil de soie obtenu est la soie grège.

La soie grège peut être utilisée telle qu'elle sort, ou bien subir le décreusage, lavage à l'eau de savon bouillante, qui lui enlève le grès, espèce de gomme adhérente au fil. Ce n'est qu'après cette opération, suivie d'un bon séchage que la soie se présente sous l'aspect soyeux à la vue comme au toucher, et qu'elle est susceptible d'être teinte d'une façon uniforme, filée en échevaux, ou tissée en pièces. Comme le travail de la soie laisse un gros déchet, tous les résidus, quelles que soient leur nature et leur provenance, sont utilisés pour la production de fils appelés schappes ou fantaisies, qui servent surtout à la confection du ruban-faveur et des objets de passementerie.

La soie est une matière d'origine animale au même titre que la laine : elle est constituée par de la fibroïne, substance très voisine de l'albumine. Elle contient de l'azote et se distingue par là nettement des matières végétales dites celluloses comme le coton, le lin, la pâte de bois, etc.

La soie artificielle. — Est-il chimérique de tenter la production artificielle de la soie? Non, puisque l'étude de la constitution chimique de la soie, nous apprend que c'est une matière albuminoïde. Aucune raison ne s'oppose à la synthèse de ce textile, car la chimie prévoit comme prochaine la préparation, probablement très dispendieuse de substances se rattachant à ce groupe. Mais sans aborder le problème dans toute sa difficulté, certains chercheurs se sont préoccupés de préparer artificiellement des textiles qui, sans avoir la composition chimique de la soie, devaient pourtant posséder ses principales qualités et propriétés techniques : le brillant, la ténacité, l'élasticité, la souplesse, l'aptitude à être blanchie, apprêtée et teinte de couleurs aussi belles et aussi solides que celles que prend la soie elle-même. L'idée première de fabriquer des fils brillants imitant la soie remonte à environ deux cents ans. Le physicien Réaumur l'avait déjà émise en 1734, dans son « mémoire pour servir à l'histoire des insectes ». Mais ce n'est que 120 ans plus tard, que nous voyons la réalisation de cette idée. Elle est due à Audemars de Lausanne qui prit en 1855, le premier brevet pour une telle fabrication. Celui-ci filait, à travers une ouverture très fine, pratiquée dans une aiguille d'acier, du collodion qui séchait rapidement à l'air en donnant un fil qui allait s'enrouler sur une bobine. Audemars donna à ce fil le nom de soie artificielle. Nom bien mal choisi, car cette soie ne possède aucune des propriétés chimiques de la vraie soie puisque son origine, par la cellulose que contient le collodion, est purement végétale, mais ce nom, cependant a fait fortune ! En allemand on utilise le terme « Glanzstoff » que nous traduisons par fil brillant : ce qui correspond mieux à la réalité. L'invention d'Audemars nécessitait un outillage de précision que l'époque ne pouvait lui fournir. Aussi n'est-ce qu'en 1885, après les mémorables travaux du comte Hilaire de Chardonnet que nous voyons la réalisation pratique de l'idée d'Audemars. Comme nous l'avons dit plus haut, la soie artificielle est une matière végétale préparée au moyen de la cellulose provenant des déchets de coton, ou surtout, à l'heure actuelle, de la cellulose rétirée de la pâte de bois. Elle se prépare de trois façons différentes, à partir 1° de la nitrocellulose, 2° de la cellulose dissoute dans la liqueur ammoniacale de cuivre, 3° de la viscose.

I

Le premier procédé, celui du comte de Chardonnet, est contemporain de l'invention de la poudre sans fumée : le mode de préparation de la soie artificielle, jusqu'à un certain point, lui est quasi semblable. Toutefois, les traitements subséquents que subit la soie artificielle dans ce cas en font un produit absolument inoffensif, c'est-à-dire non explosible. La matière première de la soie artificielle Chardonnet est la nitrocellulose, qu'on appelle encore fulmicoton ou coton poudre. La nitrocellulose se prépare en traitant le bois qui est une cellulose très impure, ou mieux le coton par un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique, ce dernier acide ayant pour but d'absorber l'eau produite dans la réaction. Si l'on emploie le coton, il est très curieux de voir qu'après ce traitement, il n'a pas changé d'aspect et un œil non prévenu confondrait facilement le coton ordinaire avec le coton poudre. Cependant d'énormes différences les séparent. Le coton ordinaire, brûle très difficilement, est inoffensif et insoluble dans les liquides usuels. Le coton poudre est, lui, extrêmement inflammable, brûle très rapidement et détone avec une très grande violence sous l'influence du choc ou de l'explosion d'une capsule de fulminate de mercure ; il se dissout très bien dans un mélange à volumes égaux d'alcool et d'éther, pour former le collodion. Lorsqu'on part du bois, avant de laisser agir les acides sur lui, il est nécessaire de le déchiqueter et de le réduire en pulpe pour favoriser la formation de la nitrocellulose. Une fois cette dernière obtenue, on la lave très soigneusement ; on l'essore, puis on l'a comprime à la presse hydraulique avant de la dissoudre dans l'alcool-éther. Cette dernière opération s'effectue dans un malaxeur fermé hermétiquement. Au sortir de cet appareil, le collodion est filtré à travers un tissu de coton pour en éliminer toutes les impuretés et mis à vieillir dans un réservoir. Le vieillissement a pour effet de le rendre plus apte à fournir des fils. C'est alors qu'on procède à la filature, l'opération la plus délicate et la plus difficile. Pour produire les fils, on envoie la solution de cellulose dans un gros cylindre d'acier très résistant d'où partent des tubes sur lesquels sont insérées des filières en verre ayant huit centièmes de millimètre de diamètre. En exerçant à l'intérieur du cylindre une pression de 40 à 50 atmosphères, on oblige le collodion à sortir par les filières en un jet continu, d'une grande finesse, qui, par évaporation de l'alcool-éther, donne des fils que l'on réunit ensemble par 10 ou par plus encore, suivant la grosseur du fil que l'on veut obtenir, et que l'on enroule ensuite sur une bobine où ils prennent en séchant du brillant, de la solidité et de l'élasticité. Les fils obtenus ainsi sont des fils de coton-poudre présentant tous les inconvénients et les dangers de cette matière. Il faut donc les retransformer en coton ordinaire en leur enlevant l'acide nitrique qu'ils ont absorbé auparavant. On les fait passer à cet effet par un bain de sulfydrate d'ammoniaque. Le fil avant cette opération est raide, imperméable à l'eau, a l'aspect d'un vernis desséché, translucide et vitreux. Le fil dénitré, au contraire, a toutes les qualités de la soie comme souplesse et comme brillant.

II

Le 2^{me} procédé, ou procédé à la solution ammoniacale de cuivre repose sur la dissolution de la cellulose sous forme de coton ou de papier dans un liquide d'un très beau bleu appelé liqueur de Schweitzer, préparé en laissant de la rognure de cuivre se dissoudre à l'air dans de l'ammoniaque. Depeissis, vers 1890, fut le premier à tirer parti de cette réaction. En filant, comme nous l'avons vu, une solution saturée de cellulose et en la coagulant au sortir des filières dans un acide, il obtint un fil ressemblant parfaitement à de la soie. Malgré les perfectionnements apportés de 1898 à 1900, par Pauly, Frémery et Urban, cette méthode ne laisse pas que d'être très coûteuse par rapport à la précédente et surtout à celle que nous décrirons dans la suite sous le nom de viscose.

III

Le procédé de fabrication des soies artificielles à la viscose est le dernier venu. Mais grâce à son prix de revient relativement modique, par rapport aux deux procédés précédemment décrits, il est appelé à les remplacer de plus en plus. D'autre part la viscose est une matière plastique de tout premier ordre dont il est possible de faire une quantité d'objets (à part la soie artificielle) en l'alliant, comme nous le verrons dans la suite, avec des matières de provenances très diverses. La viscose a été découverte en 1899, par MM. Cross, Bevan et Beadle. Sa fabrication repose sur l'action des alcalis caustiques, sur les matières cellulosiques ; suivie d'un traitement de la masse obtenue par le sulfure de carbone. Nous nous attacherons à décrire le procédé de fabrication un peu plus au long que nous l'avons fait auparavant en évitant, toutefois, d'accumuler les détails techniques. La cellulose employée est généralement la pâte de bois au bisulfite, blanche et en feuilles contenant environ 10% d'humidité. Cette pâte de bois se prépare en réduisant en copeaux le sapin blanc que l'on soumet à l'action du bisulfite de chaux en autoclave à la température de 150° à 180°. Lorsque la cuisson est terminée, on soutire le liquide qui a enlevé au bois tout ce qui n'est pas matière ligneuse et cette dernière est lavée à grande eau dans des cuves, puis triée et passée au presse pâte. (Les liquides bisulfitiques soutirés, autrefois inemployés, sont aujourd'hui utilisés pour combattre la poussière des routes. Nous avons vu, en effet, cet été dernier, à Fribourg, répandre sur nos principales artères, ce liquide qui avait pour effet de coller la poussière. Cette opération, répétée tous les quelques jours, a préservé des méfaits de la poussière, les quartiers de notre ville fréquentés par les automobiles.) La cellulose est alors trempée pendant une demi-heure dans de la lessive de soude concentrée, puis passée au filtre-presse pour séparer la majeure partie de la lessive. Cette cellulose imprégnée de soude est alors broyée sous des meules de granit puis abandonnée environ soixante heures dans une chambre à la température de 30°. L'alcali-cellulose ainsi obtenue est introduite dans un malaxeur cylindrique, fermé hermétiquement, à double enveloppe pour la circulation d'eau réglant la température ; elle est alors additionnée de 10% de son poids de sulfure de carbone. La réaction des matières, l'une sur l'autre, demande environ deux heures. On élimine l'excès de sulfure de carbone en faisant le vide dans le malaxeur, le sulfure de carbone se volatilise. Après addition d'eau à la masse dans le malaxeur, celle-ci se dissout. La solution obtenue est soumise à la maturation, c'est-à-dire abandonnée au repos pendant sept jours à la température ordinaire. Pendant la maturation, il se produit une amélioration de la viscose par suite de la séparation des combinaisons de sulfure de carbone et de soude indépendantes de la cellulose, tandis qu'il se forme une gelée à proportion de cellulose combinée constante. Lorsque le temps de maturation est achevé, on ajoute du sulfate d'ammoniaque pour neutraliser la soude et l'on obtient une masse gélatineuse de composition fixe que l'on dissout dans l'eau à raison de 6 parties de masse pour 100 parties d'eau et l'on filtre. Après une seconde maturation, la solution est refiltrée puis soumise à l'action du vide pour la débarrasser complètement des traces d'air qu'elle contient ; si l'on ne prenait pas cette précaution, les bulles en sortant des filières amèneraient la rupture des fils. La solution est alors filée comme précédemment et le jet continu coagulé en un fil par une solution de sel ammoniacal ou d'acide sulfurique. Le fil subit encore plusieurs lavages dans des solutions différentes, puis il est essoré et séché sous tension. Pour rendre la soie viscose résitante à l'eau dans laquelle elle gonfle facilement, on l'imperméabilise par l'action des vapeurs de formaline suivie d'une dessication en présence d'un corps deshydratant comme l'acide sulfurique concentré ou le chlorure de calcium. La soie viscose est ainsi prête pour le tissage.

La viscose, nous l'avons dit plus haut, sert à préparer, non seulement la soie artificielle, mais encore une grande quantité d'autres produits. Les applications découlent du fait que ces solutions ont la propriété de se gélatiniser, de se solidifier au bout d'un temps assez long à froid, mais très rapidement à chaud, en donnant un produit final solide appelé viscoïde. On comprendra ainsi tout le parti qu'il y a à tirer d'une semblable matière, car c'est d'abord un excellent agent d'agglomération. En effet, mêlé à des substances telles que le kaolin ou terre à porcelaine, le brai retiré de la distillation des huiles lourdes et du goudron, le liège, la sciure de bois, la tourbe et les matières colorantes, la viscose forme une pâte susceptible d'être taillée, moulée en forme et d'acquérir un très beau poli. On en confectionne des culots de lampes à incandescence, des isolateurs, des poignées de portes, des bibelots de tous genres ; elle remplace le celluloïde dans tous ses usages et a sur lui l'immense avantage d'être incombustible. Mêlée à la pâte à papier, la viscose donne des papiers et des cartons d'une remarquable ténacité. En trempant le papier dans de la viscose, on le rend imperméable. Grâce à ses propriétés agglutinatives, la viscose fait l'office d'une colle de tout premier ordre. Mélangée à des matières colorantes, elle constitue une excellente peinture pour bâtiments qui résiste à toutes les intempéries et adhère même au ciment et au papier goudronné. Cette peinture est connue sous le nom de peinture au fibrol. La viscose permet d'apprêter les étoffes d'une façon remarquable, ces dernières peuvent être après un tel apprêt, lavées au savon, et blanchies sans perdre leur apprêt. On s'en sert encore dans la teinture par impression pour les tissus : elle produit sur ceux-ci, mêlée à des pigments colorés des damassés du plus bel effet. La viscose déposée en couches minces sur certaines étoffes donne une substance imitant très bien le cuir et que l'on emploie pour l'ameublement et la reliure des livres. Elle fournit en la coulant sur des surfaces polies des pellicules transparentes que l'on colore différemment et qui servent à faire des emballages très hygiéniques garantissant de la poussière et des insectes les denrées alimentaires, tels que fruits, bonbons et autres exposés en plein vent, tout en permettant de les voir. Le viscoïde, par sa solidité, peut être substitué à la corne, à l'os et à l'ivoire.

N. B. — Le procès-verbal que l'on vient de lire était primitivement destiné à être publié dans la *Liberté* de Fribourg, afin de mettre au courant le public fribourgeois sur l'industrie de la soie artificielle, spécialement si la société « La Viscose » d'Emmenbrücke (canton de Lucerne) avait décidé de venir s'établir sur le plateau de Marly, comme il en avait été question en 1923. « La Viscose » ayant abandonné son projet, l'auteur de l'article l'a donné en lecture à titre de communication à la Société fribourgeoise des sciences naturelles.

L'article précédent ne prétend à aucune originalité, car il est uniquement le fruit et le résumé de la lecture de différents traités, brochures et articles parus sur la soie tant naturelle qu'artificielle et pour lequel, de plus, les renvois à la bibliographie ont été volontairement omis. P. D.

Séance du 22 novembre 1923.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays.

1. *La marmotte en Suisse et spécialement dans le canton de Fribourg*, par M. le prof. Dr M. Musy. — Friedrich von Tschudi [1] signale la présence de cet intéressant rongeur dans les hautes montagnes de la Suisse, là où l'on ne voit pas de gros bétail, à peine des chèvres et des moutons, principalement dans les cantons des Grisons, d'Uri et de Glaris et il le cite également dans le Tessin, le Valais et l'Oberland bernois ; il ajoute que dans le canton d'Appenzell et,

---

[1] F. v. Tschudi : Das Thierleben der Alpenwelt. 2te Aufl. 1854, page 532.

dans le Toggenbourg, où il était précédemment cummun, la chasse l'a complètement détruit.

Les Tessinois, dit-il, le nomment *Mure montana* d'où vient le nom de *Marmotta* des Savoyards, *Marmotte* des Français, *Marmotella* de l'Engadine et peut-être aussi *Murmeltier* des Allemands par corruption, dit C. Gessner [1].

Le Dr Victor Fatio [2] prétend qu'elle est presque partout abondante en Suisse, depuis 1500 m. et jusqu'au dessus de 3000 m. sur les oasis entre les neiges et les glaces.

Il va peut être un peu trop loin. Dans le canton de Fribourg, la marmotte est assez fréquente actuellement dans la chaîne des Mortheys et son prolongement vers l'ouest, mais elle y a été importée. En 1883, il y a eu 40 ans au mois d'août, la section Moléson du C. A. S., sur la proposition de l'orateur en a introduit deux couples au fond des Mortheys au pied de Folliéran. On pensait que les couches redressées de la région leur faciliteraient le creusement de leurs galeries. Ces deux couples, originaires du Valais, ont prospéré et l'on en trouve aujourd'hui jusque au-dessus de Lessoc. Le Musée en possède une, capturée dans cette région, le 20 mai 1909. C'est un mâle.

Avant l'introduction de ces deux couples de marmotte valaisanne, il n'en était plus question sur le territoire fribourgeois où elle se trouvait antérieurement. En effet, dans notre séance du 24 novembre

---

[1] C. Gessner : Historia Animalium, Lib. I. De Quadrup viviparis, p. 841.

[2] Dr V. Fatio : Faune des Vertébrés de la Suisse, Vol. I, p. 169.

1910 [1] le prof. M. Musy nous signalait deux crânes de Marmotte trouvés, l'un dans la gravière du Bournin à Treyvaux, en 1906, l'autre à Tavel, au lieu dit « *Oberhübel* » où l'on venait d'ouvrir une gravière en 1910, les deux crânes n'étaient pas bien conservés, la mandibule manquait.

Dernièrement, soit le 7 novembre, une trouvaille fut faite dans la *basse terrasse* qui domine Marly-le-Grand, où l'on prenait du sable pour la reconstruction et le cylindrage du boulevard de Pérolles à Fribourg. On trouva, en effet, 3 crânes assez bien conservés et pourvus de leurs mandibules dans le sable vers 3 m. 50 de profondeur. Les trois crânes et quelques ossements divers du même animal furent aimablement apportés au Musée d'histoire naturelle par M. Germain Blanchard. Il est à désirer qu'il trouve de nombreux imitateurs dans des circonstances analogues. Le Dr V. Fatio la signale, du reste, d'après Heer O. [2] et Rütimeyer [3] dans le diluvium et jusque dans les débris de stations préhistoriques p. ex. à Veirier, près de Genève. La basse terrasse de Marly appartient probablement à l'Acheulien du Diluvium quaternaire et remonte ainsi à l'époque de la 3me glaciation (Riss.).

Depuis lors, les restes de trois nouvelles marmottes ont été trouvés dans la même gravière et un crâne dans la gravière de Ferpicloz (Ependes).

Le Dr A. Heim ne parle pas du canton de Fribourg dans son important ouvrage « Geologie der Schweiz » [4].

---

[1] Voir Bulletin de la Soc. frib. des sciences nat. 1910, vol. XIV, p. 18.

[2] Heer O. : Die Urwelt der Schweiz 1865, p. 542.

[3] Rütimeyer : Herkunft der Thierwelt 1867.

[4] A. Heim : « Geologie der Schweiz », B. I, p. 329.

D'après les informations verbales ds M. Mathey-Dupraz à Colombier, des restes de marmotte ont été trouvés, en 1917, dans une moraine exploitée comme gravière au Haut-de-la-Tour (commune des Bayards, à l'altitude de 900 m., à l'entrée de la vallée des Verrières (Neuchâtel).

Par contre, dans le Palafittien qui succède à l'Acheulien, aucun auteur, ni Rütimeyer [1], ni le prof. Karl Heschler [2] ne cite la marmotte dans la faune des Palafittes. Il n'est donc pas étonnant que les restes de son squelette ne se rencontrent pas non plus dans la faune fribourgeoise de cette époque. Elle avait déjà disparu pendant les périodes glaciaires.

2. *Les carrés magiques*, par M. le prof. D^r^ S. Bays. — Dans la célèbre gravure sur cuivre *La Mélancolie* du peintre allemand *Albert Dürer*, se trouve à l'angle supérieur droit, au-dessus de la *Mélancolie* assise, rêveuse et énigmatique, entourée de corps géométriques et d'instruments de mesure, l'abaque mystérieux suivant :

16	3	2	13
5	10	11	8
9	6	7	12
4	15	14	1

Ce sont les nombres entiers de 1 à 16, disposés dans les cases d'un carré, de telle façon que la somme des nombres de chaque ligne est 34, celle des nombres

[1] S. Rütimeyer : Die Fauna der Pfahlbauten der Schweiz.

[2] K. Heschler : Beiträge zur Kenntnis der Pfahlbautenfauna des Neolithikums, in Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellschaft in Zurich, LXV. 1920.

de chaque rangée verticale est également 34, et celle des nombres sur chaque diagonale est encore 34.

Une telle disposition des n^2 premiers nombres entiers (dans notre exemple, $4^2=16$) dans les cases d'un carré de n cases de côté, donnant la même somme pour les nombres de chaque ligne, de chaque colonne et de chacune des deux diagonales, s'appelle un *carré magique*. Le carré magique est dit *impair*, *simplement pair* ou *doublement pair*, selon que n est impair, divisible par 2 ou divisible par 4.

L'origine des carrés magiques est lointaine ; il faut faire remonter leur découverte aux Indiens, et leur nom a été tiré des opérations superstitieuses auxquelles ils étaient employés, telles que la construction de talismans, etc.

Depuis, le problème de la construction des carrés magiques a intéressé bien des mathématiciens. S'en sont occupés entre autres, Cardan, Bachet, Frenicle, Fermat, de la Hire, Sauveur, Euler, Franklin, Mollweide, Holditsch, etc. Voici ce qu'en dit Fermat dans une lettre adressée à Mersenne : « En voila assés pour donner de l'exercice à Mr de Frenicle, car je ne sçay gueres rien de plus beau en l'Arithmétique que ces nombres que quelques-uns appellent *Planetarios*, et les autres *Magicos*,... » Euler a publié dans les *Comptes rendus de la Société des Sciences de Flessingue*, un mémoire intitulé : « *Recherches sur une nouvelle espèce de quarrés magiques* », sans apporter d'ailleurs de complément important à la théorie générale. [1]

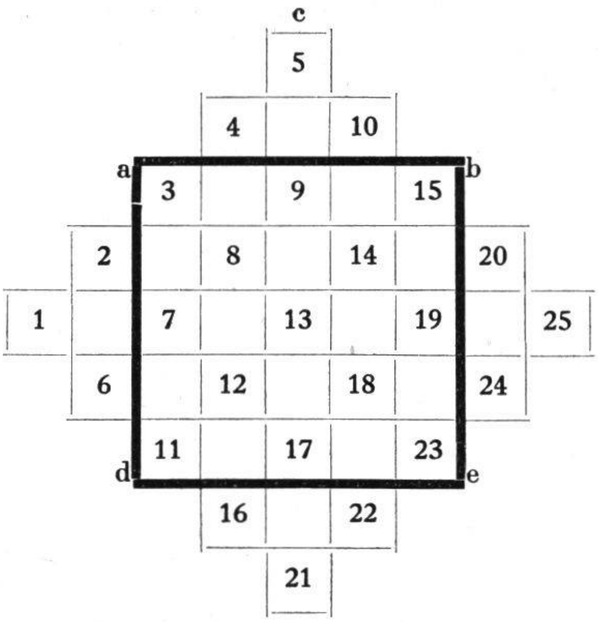
Le problème de la construction des carrés magi-

[1] On trouvera dans W. Rouse Ball. *Récréations mathématiques et problèmes*, t. 2 (1908), p. 157 et 158, l'indication des principaux traités et mémoires sur les carrés magiques.

ques impairs, simplement pairs ou doublement pairs, est résolu, et il existe, dans chaque cas, plusieurs méthodes pour construire de tels carrés. Par contre, nous ne pensons pas que le nombre des carrés magiques différents, possibles dans chaque cas, ait été déterminé ou même étudié systématiquement. Le nombre des carrés magiques différents d'ordre 5 (le nombre des cases sur le côté du carré, s'appelle aussi *l'ordre* du carré magique), que l'on peut construire avec les nombres entiers de 1 à 25, dépasserait déjà 500 000.

Nous donnerons seulement deux méthodes simples et facilement explicables de construction de carrés magiques, l'une pour les carrés magiques impairs, l'autre pour les carrés magiques doublement pairs.

Nous construirons d'abord un carré magique impair. Nous prendrons un cas particulier, le carré magique d'ordre 5 ; mais notre procédé est valable, en opérant d'une manière analogue, pour un carré magique d'ordre 7, 9, 11, etc. Nous disposons les nombres de 1 à 25 dans les cases d'un losange, comme le montre la fig. 1. Ce losange est un



carré (le carré avec tracé plus marqué), ayant sur chacun de ses côtés un triangle de 4 cases. Nous faisons ensuite glisser le triangle *abc*, parallèlement à lui-même, jusqu'à ce que sa base *ab* vienne coïncider avec le côté opposé *de*. Nous faisons l'opération analogue avec les trois autres triangles. Le carré obtenu :

3	16	9	22	15
20	8	21	14	2
7	25	13	1	19
24	12	5	18	6
11	4	17	10	23

est magique : la somme de ses lignes, de ses colonnes et de ses diagonales est constamment 65.

Nous exposerons d'une manière *succincte* la raison pour laquelle cette opération a fourni un carré magique.

Appelons *lignes* du losange les rangées obliques de nombres montantes de gauche à droite, *colonnes* du losange les rangées obliques descendantes de gauche à droite. Les lignes et colonnes du carré *abde* seront ce que nous avons déjà entendu par elles jusqu'ici.

Les nombres de la première ligne du losange sont égaux respectivement à $0 \times 5+$ les restes 1, 2, 3, 4, 5 ; ceux de la seconde ligne du losange à $1 \times 5+$ les restes 1, 2, 3, 4, 5, et ainsi de suite. Les nombres de la première colonne du losange sont égaux respectivement à $1+$les multiples 0×5, 1×5, 2×5, 3×5, 4×5 ; ceux de la seconde colonne à $2+$ les multiples 0×5, 1×5, 2×5, 3×5, 4×5, et ainsi de suite.

Par suite, si nous composons une rangée de cinq nombres pris *un dans chaque ligne et un dans chaque colonne* du losange, leur somme sera :

$$0\times5+1\times5+2\times5+3\times5+4\times5+1+2+3+4+5=65.$$

Par exemple, les cinq nombres 1, 7, 13, 19, 25, satisfont à cette condition. et leur somme est bien :

$$0\times5+1+1\times5+2+2\times5+3+3\times5+4+4\times5+5=65.$$

Si donc nous nous arrangeons de manière à faire entrer, dans chaque ligne et chaque colonne du carré *abde*, cinq nombres remplissant la condition indiquée, la somme de ces nombres dans chaque ligne et chaque colonne sera 65. Or, les glissements des triangles à l'intérieur du carré *abde*, que nous avons faits, complètent les cases vides du carré, de manière que l'opération faite, une ligne quelconque du carré, ou une colonne quelconque du carré, contient *un* représentant *de chaque ligne* et *de chaque colonne* du losange. Il est facile de s'en rendre compte pour une ligne ou une colonne déterminée du carré.

Nous construirons ensuite un carré magique doublement pair. Nous prendrons le cas $n=8$; mais, de même que plus haut, le procédé est valable, en opérant d'une manière *entièrement analogue*, pour un carré magique d'ordre 12, 16, 20 etc.

Nous disposons les nombres de 1 à 64 dans les cases d'un carré, dans leur ordre naturel :

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

Nous partageons le carré, ainsi rempli, en $4^2=16$ carrés *partiels* (les carrés à contours plus marqués dans notre fig.). Nous appellerons cases *opposées* d'un carré, deux cases placées symétriquement par rapport au centre du carré, et carrés partiels *opposés* deux carrés partiels placés symétriquement par rapport au centre du grand carré.

Pour transformer notre carré en carré magique, il suffit alors de *laisser en place sans changement* les deux carrés partiels intérieurs sur chaque face du pourtour, et de *permuter* les carrés partiels des angles et les quatre de l'intérieur de la façon suivante : *carrés opposés entre eux* et dans chaque carré, *cases opposées entre elles.* Nous obtenons ainsi le carré suivant :

64	63	3	4	5	6	58	57
56	55	11	12	13	14	50	49
17	18	46	45	44	43	23	24
25	26	38	37	36	35	31	32
33	34	30	29	28	27	39	40
41	42	22	21	20	19	47	48
16	15	51	52	53	54	10	9
8	7	59	60	61	62	2	1

Il est magique en effet : la somme de ses lignes, de ses colonnes et de ses deux diagonales est constamment 260.

Nous donnerons encore ici d'une manière *succincte* la raison pour laquelle l'opération a fourni un carré magique. Dans le carré primitif, les nombres de la première et de la dernière ligne, situés dans la même rangée verticale, diffèrent constamment du même nombre 56. Ainsi $57=1+56$, $58=2+56$, etc. La somme des nombres de la dernière ligne sera donc supérieure de 8×56 à celle des nombres de la première ligne. Or, l'opération faite a permuté quatre nombres de la dernière ligne avec quatre nombres de la première, soit 57, 58, 63 et 64 avec 1, 2, 7 et 8 ; ce qui a eu pour résultat d'égaliser la somme des nombres des deux lignes.

L'opération faite a de même permuté quatre nombres de la seconde ligne du carré avec quatre nombres de l'avant-dernière, et ainsi égalisé encore les sommes de ces deux lignes, et ainsi de suite. Mais elle a aussi eu le même effet sur les colonnes du carré, ayant permuté quatre nombres de la première colonne avec quatre nombres de la dernière, quatre nombres de la seconde avec quatre nombres de l'avant-dernière, et ainsi de suite. Quant aux diagonales, elles se retrouvent, après l'opération, avec les mêmes nombres que dans le carré primitif, seulement disposés dans l'ordre inverse.

Séance du 6 décembre 1923.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays.

M. le prof. P. Girardin parle des *Pyramides des cols.* (Question d'alpinisme et de géographie.)

Séance du 20 décembre 1923.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays.

1. M. Hippolyte Lippacher : *Une méthode de construction des carrés magiques impairs.*
2. M. le prof. Dr S. Bays : *Le problème de la quadrature du cercle.*

Séance du 17 janvier 1924.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays.

1. *Josué et la bataille de Bethoron*, par M. Hubert Savoy, professeur au Séminaire. — Tous connaissent la fameuse question de l'arrêt du soleil par Josué, à l'issue de la bataille de Béthoron. Il n'est pas nécessaire de rappeler qu'il ne s'agit pas d'expliquer comment le soleil *qui ne marche pas*, a pu interrompre son cours. L'expression biblique est évidem-

ment conforme au langage populaire. Inutile aussi d'imaginer la perturbation formidable qu'aurait produite l'interruption du mouvement giratoire terrestre ; il suffit de supposer une réfraction des rayons lumineux.

Avant de confronter le fait et les données des sciences naturelles, il est absolument nécessaire de s'assurer du sens exact du récit biblique. Cette base indispensable de discussion est presque toujours négligée par ceux qui traitent la question de l'arrêt du soleil. Il paraît donc opportun de la rappeler.

Le livre de Josué, chapitres I à X, renseigne avec une remarquable précision sur les incidents qui ont préparé et marqué la journée de Gabaon. Après la mort de Moïse, soit en l'année 1407 avant notre ère, — selon la computation assyrienne qui permet de dater la scission, de 932, et le *1er livre des Rois* (VI, I) qui fixe à 480 ans la période écoulée de la sortie d'Egypte à la quatrième année de Salomon, — le 10 *abib*, mois des épis ou de la lune du printemps, Josué, à la tête de l'armée et du peuple d'Israël, franchit le Jourdain et établit son camp à Galgala, en face de Jéricho. Le 14 *abib*, soit le jour de la pleine lune du printemps, on célèbre la Pâque. Quelques jours plus tard, après un siège de sept jours, Jéricho est conquise.

Bientôt une première expédition sur les hauts plateaux de Canaan, insuffisamment préparée et imprudemment conduite, échoue devant Haï qui tombe cependant lors d'un nouvel assaut, grâce à une ruse de guerre habile. Les habitants de Gabaon viennent alors demander à conclure alliance avec Josué.

A la nouvelle de la défection de cette place importante, le roi de Jérusalem, Adonisédech, dont le nom se retrouve sur les tablettes des archives égyptiennes d'Aménophis, exhumées de Tell Amarna en 1887, organise la coalition des cités du sud de la Palestine et vient mettre le siège devant Gabaon, place forte située sur une colline arrondie qui rappelle étonnamment Romont. Aussitôt les Gabaonites réclament le secours de Josué qui se trouve au camp de Galgala. Josué monte en hâte pendant la nuit, en suivant sans doute l'Ouady Audjé actuel. Ecoutons maintenant le récit biblique. :

« Les Gabaonites mandèrent à Josué au camp de Galgala : « N'abandonne pas tes serviteurs. Hâte-toi de monter vers nous ; délivre-nous, viens à notre secours, car tous les rois Amorrhéens qui habitent la montagne se sont ligués contre nous. »

Et Josué monta de Galgala, lui, tous les gens de guerre avec lui et toute l'élite de l'armée.

Jahveh dit à Josué : « Ne les crains pas, car je les ai livrés en ta main, pas un d'eux ne tiendra devant toi. »

Et Josué, guidé par une inspiration, marcha contre eux. Toute la nuit il monta de Galgala et Jahveh les mit en déroute devant Israël, il leur infligea une grande défaite à Gabaon ; il les fit poursuivre à la montée de Béthoron et battre jusqu'à Azéca et Macéda. Et pendant qu'ils fuyaient devant Israël, à la descente de Béthoron, Jahveh envoya sur eux du ciel de gros grêlons jusqu'à Azéca, et ceux qui furent frappés à mort, atteints par la grêle, furent plus nombreux que ceux que les enfants d'Israël égorgèrent par l'épée. »

Les trois phases de la bataille sont nettement distinguées : combat décisif devant Gabaon, poursuite à la *montée* de Béthoron, au nord-ouest de Gabaon, grêle terrible pendant la *descente* précipitée des ennemis vers Azéca, à l'ouest.

Quelques explications sont ici nécessaires :

a) Plusieurs traducteurs, et parmi eux la *Vulgate*, ont rendu l'hébreu mot à mot et ont traduit : « Dieu fit tomber du ciel de grosses pierres ». La nature de ces pierres, envoyées par Dieu, est déterminée dans le contexte, il est dit dans la seconde partie de la phrase : « des pierres de grêle ». C'est donc bien d'une pluie de grêle qu'il s'agit. L'expression « pierres de grêle » a été rendue en grec par *λίθους χαλάζης*, c'est l'équivalent du *Hagelstein* de l'allemand. Le mot hébreu, *ében*, pierre, désigne également la grêle dans Isaïe XXX, 30, Ezéchiel XIII, 11, Psaume CXLVI, 17.

b) La grêle s'abat le plus souvent à l'issue des vallées ou sur les monticules qui séparent la plaine des montagnes ; la descente de Béthoron, vallée qui s'incline vers la plaine, à l'occident, se trouvait dans des conditions semblables.

c) Que la grêle puisse frapper à mort des hommes, dans un pays comme la Palestine où l'orage éclate soudain et où l'on ne trouve pas un arbre pour s'abriter, il n'y a rien là d'étonnant. Déjà la septième plaie d'Egypte (Exode XIII, 9 ss.) mentionne une grêle qui fit périr les hommes et les animaux dans les champs. La *Revue scientifique* (1894, p. 222) signale la grêle tombée à Narrabri, Nouvelle Galles du sud, qui anéantit en quelques instants un troupeau tout entier et perfora des plaques de fer galvanisé ; les grêlons dépassaient cinq centimètres de diamètre. Il ne faut pas oublier que la grêle de Béthoron, envoyée par Jahveh, fut un phénomène d'une violence exceptionnelle.

C'est par cette grêle meurtrière qui acheva la ruine de l'armée des rois coalisés, que Dieu répondit à l'appel de Josué et accorda une victoire complète aux Israëlites.

* * *

Vous me direz sans doute : et l'arrêt du soleil? qu'en faites-vous? — Je ne l'oublie pas ; le voici d'abord dans le texte même du livre de *Josué* :

« C'est alors que Josué s'adressa à Jahveh, lorsque Jahveh livra les Amorrhéens aux enfants d'Israël :
« *Soleil, reste sur Gabaon,*
« *Et toi, lune, dans la combe d'Aïalon !* »
Et le soleil resta et la lune demeura, jusqu'à ce qu'on se fût vengé des nations ennemies. Cela n'est-il pas écrit dans le *livre des Justes*? Et le soleil resta dans le champ du ciel et il ne se pressa pas de descendre, comme un jour plein. Et il n'y eut pas, ni avant ni après, de jour comme celui-là, où Dieu répondit à l'appel d'un homme, car Jahveh combattit pour Israël.

« Puis Josué et tout le peuple d'Israël retournèrent au camp, à Galgala.»

Notons tout d'abord que le narrateur sacré fait ici une *citation* ; il l'emprunte au *livre des Justes*. Ce livre, deux fois cité dans l'Ancien Testament, a disparu. Il semble avoir été un écrit poétique. Peut-être devons-nous le rapprocher du *livre des guerres de Jahveh* qui contenait des chants guerriers. Il semble dès lors légitime d'interpréter cette citation poétique, relative à un incident de la bataille, par le récit complet qui précède.

Le fait de la présence simultanée du soleil et de la lune, au moment où Josué adresse à Dieu son souhait, en présence de tout Israël, indique une heure avancée de la journée ; c'est un peu avant le coucher du soleil que la lune, pendant les trois ou quatre jours qui précèdent la pleine lune, se voit au ciel en même temps que le soleil. Selon le récit des événements antérieurs, nous sommes donc probablement peu avant la seconde pleine lune du printemps, vers la fin avril ou le commencement de mai.

Le récit de la bataille nous a appris que vers la fin de la journée, à la *descente* de Béthoron, la grêle a frappé les ennemis d'Israël. Dès lors, ne peut-on pas supposer que Josué, à la vue du gros nuage noir qui monte de la Méditerranée, à l'occident, ait craint de ne pouvoir achever la défaite commencée des ennemis, la nuit arrivant trop tôt par suite de l'orage prêt à éclater. Il fait alors à Dieu sa prière qui est un souhait. Il voudrait que la lumière du soleil continuât à éclairer les pentes occidentales de Gabaon que l'on aperçoit encore de la montée orientale de Béthoron, et que la lune jetât ses rayons sur la combe d'Aïalon que le soleil couchant laisse déjà à l'ombre, dans une demi obscurité. Dieu répond à l'appel de Josué, non pas, semble-t-il, en arrêtant le cours des astres, mais en envoyant la grêle terrible qui frappe à mort les ennemis en fuite à la descente de Béthoron, cherchant à gagner au plus vite la plaine des Philistins.

Notre *Vulgate* a traduit le verset 12 du chapitre X de *Josué* : « *Stetit itaque sol in medio coeli, et non festinavit occumbere spatio unius diei.* » Crampon dit à son tour : « Et le soleil s'arrêta au milieu du ciel et ne se hâta point de se coucher, presque un jour entier. » L'hébreu dit plus exactement que le soleil se trouvait dans les « les confins du ciel », dans « le champ du ciel ». Si l'astre du jour avait été à son zénith, Josué n'aurait pas adressé son souhait à la lune, aussi bien qu'au soleil.

Un autre point délicat de la traduction est celui-ci ; la *Vulgate* dit : « *et non festinavit occumbere spatio unius diei* ». Les commentateurs en ont conclu que la lumière du soleil avait été prolongée pendant un jour. Crampon rend le texte : « le soleil ne se hâta point de se coucher, presque un jour entier. Ce petit mot *presque* ne se trouve pas dans l'hébreu et ne saurait se glisser dans une traduction.

Par ailleurs quel rôle aurait joué ce prolongement de la lumière, puisque la bataille était achevée dès le premier jour et cela par l'intervention divine qui avait envoyé le terrible orage de grêle qui frappa à mort plus d'ennemis que l'épée d'Israël.

Arrivés au terme de cet examen du texte, ne devons-nous pas nous demander si les questions soulevées au sujet de l'arrêt du soleil par Josué ne manquent pas de base. Nous répondrions sans hésitation, si un autre texte poétique, celui de l'Ecclésiastique, (XLVI, 5. ss.) ne disait dans le magnifique éloge qu'il donne des pères et en particulier de Josué :

« ....
Le soleil par lui a été arrêté
et un jour fut comme deux jours.
Il invoqua le Tout-Puissant
pendant qu'il pressait l'ennemi de tous côtés
et le Seigneur tout-puissant l'entendit ;
par une grêle terrible
il frappa les ennemis à la descente.

Le texte de l'*Ecclésiastique* « un jour fut comme deux jours » pourrait faire supposer que l'auteur sacré a lu au ch. X, 12, de *Josué*, non pas la leçon actuelle *keyôm tamim*, mais *keyôm tenaïm*, « comme deux jours. » Toutefois, comme au *livre de Josué*, l'auteur explique la manière dont Dieu a exaucé le vœu de Josué par l'envoi de la grêle, alors que les Amorrhéens étaient en fuite à la descente de Béthoron.

N.B.— M. le président d'honneur, M. Musy, a présenté une remarque intéressante. Le gros nuage de grêle, avant de crever, a dû assombrir le ciel au point de provoquer presque les ténèbres et, lorsque le ciel a repris sa sérénité, on eut comme un second jour. Cette constatation fort juste en elle-même ne paraît pas être suggérée par le texte.

2. M. le prof. Dr P. JOYE : *A propos de la rupture du barrage du Val Gleno (Italie).*

Séance du 7 février 1924.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays.

B. Pascal, mathématicien et physicien, par le Dr PAUL LAMBOSSY, professeur au Technicum.

Ces quelques pages ont pour but de rappeler cette partie de l'activité de Pascal, moins connue, qui pourtant lui a assuré un rang honorable parmi les grands mathématiciens et les grands physiciens. Comme elle est vaste et variée, je me bornerai à exposer, et encore sommairement, ce que les écrits scientifiques de Pascal contiennent de plus remarquable, et en même temps j'essayerai de retracer quelques circontances qui ont accompagné ses découvertes.

La carrière scientifique de Pascal s'ouvre par son œuvre de jeunesse, le fameux *Traité des coniques*. Pascal avait seize ans quand il le composa. Une telle précocité nous étonne ; sans vouloir l'expliquer, il faut dire que les conditions dans lesquelles s'est passée sa jeunesse étaient favorables à son développement mathématique. Son père, Etienne Pascal, avait une connaissance approfondie des mathématiques et de la physique, et il était en relation avec les savants de son époque : Descartes, le P. Mersenne, Desargues, Fermat, Roberval et d'autres. Il les recevait chez lui, mais d'ordinaire on se réunissait chez le P. Mersenne, toutes les semaines. On discutait de science ; chacun apportait dans une communication le résultat de ses recherches. Le P. Mersenne, qui correspondait avec des savants étrangers, donnait quelquefois lecture d'une lettre reçue d'Italie ou d'Allemagne. Cette société était donc une académie libre : c'est là l'humble origine de l'Académie des Sciences [1].

Etienne Pascal, allant aux réunions savantes, y menait son fils. Blaise Pascal avait alors entre quatorze et seize ans ; malgré son jeune âge, il participe aux discussions ; on lui demande son avis, et plus d'une fois, nous dit Mme Périer, sa sœur, il découvrit des erreurs qui allaient passer inaperçues. Enfin, il est aussi zélé qu'aucun autre à présenter des communications.

---

[1] L'année dernière, le 8 juillet 1923, M. Emile Picard, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, était envoyé à Clermont-Ferrand pour prononcer un discours au nom de l'Académie à l'occasion du tricentenaire de la naissance de Pascal. Il commence en ces termes :

« L'Académie des Sciences est heureuse de s'associer à l'hommage rendu à l'un des plus glorieux enfants de notre pays. Elle aime à rappeler ces années du XVIIme siècle, où sans avoir une existence officielle, elle formait une petite société de mathématiciens et de physiciens, groupés autour du Père Mersenne. Parmi les membres de cette académie libre figuraient Descartes, Fermat, Roberval, Desargues, Pascal, pléïade illustre, que nous sommes fiers de rattacher ainsi à notre compagnie ». *Bulletin de la Société math. de France*, août 1923.

Cette vie intellectuelle intense nous explique son ardeur à l'étude de la géométrie. Nous devons parler de ce *Traité des coniques* qui a fait l'admiration des contemporains. Ce traité, que Pascal remania beaucoup plus tard, ne fut jamais publié, et même il est perdu en grande partie. On déplore cette perte d'autant plus qu'on a une idée assez nette de son contenu par une lettre de Leibnitz [1] à Etienne Périer, neveu de Pascal, et par une petite publication que Pascal, lui-même, fit en l'année 1640, sous forme de placard selon l'habitude du temps. Elle est intitulée *Essai pour les Coniques.* Dans cet Essai l'auteur indique quelques théorèmes — les énoncés seulement — et déclare qu'il prépare un grand ouvrage qui aurait ces théorèmes pour base.

L'un de ces théorèmes mérite une mention toute particulière ; il porte aujourd'hui le nom de Théorème de Pascal, et s'énonce comme suit : *Pour tout hexagone inscrit dans une conique, les trois couples de côtés opposés ont leurs intersections en ligne droite.*

Prenons par exemple un cercle (fig. 1) ; inscrivons un hexagone irrégulier quelconque ; désignons par 1, 2, 3, 4, 5, 6 les côtés que l'on rencontre en circulant dans le même sens sur l'hexagone. Les côtés opposés sont : 1—4, 2—5, 3—6 ; leurs intersections A, B, C sont sur une même droite qu'on nomme *droite de Pascal.* Il n'est pas nécessaire que l'hexagone soit convexe ; les mêmes points sur la circonférence permettent de construire d'autres hexagones, et l'on obtient par suite d'autres droites de Pascal. On peut en obtenir 60.

Descartes, après avoir lu l'*Essai*, pensa que c'était

[1] Lettre du 30 août 1676. — Voir *Oeuvres de B. Pascal*, édition Brunschwigg et Boutroux, 1908, t. II, p. 220-224.

une imitation de Desargues. Bien des personnes furent fâchées de ce jugement un peu sommaire, car enfin, s'il est vrai que Pascal avait imité la méthode de Desargues, il avait trouvé quelque chose de nouveau. On lit dans l'Essai :

« Nous démontrerons aussi cette propriété — il ne s'agit pas de l'hexagone inscrit — dont le premier inventeur est M. Desargues, Lyonnais, un des grands esprits de ce temps, et des plus versés aux mathématiques, entre autres aux coniques, dont les écrits sur

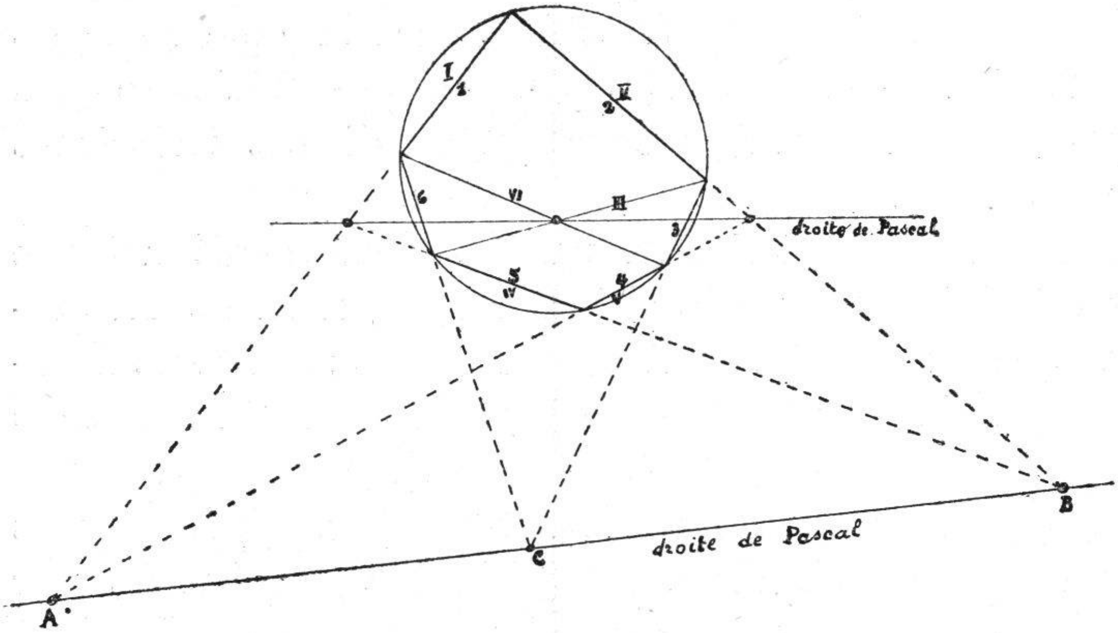


Fig. 1.

cette matière quoique en petit nombre, en ont donné un ample témoignage à ceux qui en auront voulu recevoir l'intelligence. Je veux bien avouer que je dois le peu que j'ai trouvé sur cette matière à ses écrits, et que j'ai tâché d'imiter, autant qu'il m'a été possible, sa méthode sur ce sujet, qu'il a traité sans se servir du triangle par l'axe ».

Il faut dire que Desargues est un habile géomètre ;

il a de belles méthodes fondées sur la géométrie projective. Mais son langage est si obscur et si étrange, qu'il a été ignoré pendant quarante ans. Il faut donc que le jeune Pascal ait eu du génie pour avoir pu démêler, parmi ces obscurités, ce qu'il s'y cachait de bon.

Comme je l'ai dit, la lettre de Leibnitz nous renseigne un peu sur le *Traité des coniques*, qu'il ne faut pas confondre avec l'*Essai*. Leibnitz avait eu entre les mains l'ouvrage inachevé de Pascal sur les coniques, et priait avec insistance Etienne Périer de le faire imprimer.

Tout d'abord, on y retrouve l'hexagone inscrit qui prend le nom d'*hexagramme mystique ;* mais alors, c'est un théorème fondamental sur lequel Pascal édifie tout son traité. Secondement nous savons que la méthode suivie est la méthode projective due à Desargues. Pour faire comprendre simplement le principe de cette méthode, regardons la figure de l'hexagone inscrit en la visant obliquement. Le cercle nous paraît une ellipse, mais les points qui étaient en ligne droite nous paraissent encore en ligne droite, et les droites qui étaient concourantes demeurent concourantes. Ainsi certaines propriétés démontrées pour le cercle sont immédiatement valables pour une conique.

* * *

Pascal, entre les années 1640 et 1647, se trouvait à Rouen ; c'est là qu'il imagina et construisit sa *machine arithmétique*, c'est-à-dire une machine à calculer. Cette idée lui était venue en cherchant à faciliter la tâche de son père, qui faisait de longs calculs pour la répartition des impôts. Cette invention réussit, mais fatigua beaucoup Pascal qui mit deux ans pour la mener à bien. Pascal attachait un grand intérêt à sa machine arithméthique, et en parlait toujours avec enthousiasme ; elle fit d'ailleurs l'admiration des gens de l'époque. On possède encore quelques-unes des machines construites par Pascal [1].

*
* *

En octobre 1646 — Pascal avait alors 23 ans — il eut l'occasion de s'engager dans des recherches qui l'occupèrent longtemps et par lesquelles il s'est acquis une place importante dans l'histoire de la barométrie et de l'hydrostatique.

Trois ans auparavant Torricelli avait réalisé l'expérience célèbre qui aujourd'hui porte son nom, et qu'on désigne aussi sous le nom d'expérience fondamentale du baromètre.

Pierre Petit de concert avec Blaise Pascal eurent le mérite de la répéter les premiers en France dans les circonstances que voici : Petit, de passage à Rouen, raconta à Pascal que le P. Mersenne avait entre les mains une lettre qu'on lui avait prêtée, et qui contenait la description d'une certaine expérience. L'auteur de la lettre — c'était Torricelli — était ignoré. Il lui décrivit cette expérience, lui proposa de la faire ensemble, et ajouta que le P. Mersenne l'avait essayée, mais sans succès.

Pascal fut enchanté de la proposition ; on fit donc cette première et mémorable expérience, qui réussit parfaitement. Nous en connaissons tous les détails par une relation de Petit.

Ils ont fait simplement ce que nous faisons encore

---

[1] Voir la photographie dans l'édition déjà citée, t. I, p. 296 et 302.

dans les cours : un tube en verre est rempli de mercure, puis renversé sur la cuve à mercure ; le liquide alors descend un peu et laisse au haut du tube un espace qui paraît vide.

« Sur cela, raconte Petit, nous nous mîmes à philosopher avant que de passer outre...

« Après que nous eûmes longtemps regardé ce vide apparent ou véritable avec étonnement, et que nous l'eûmes mesuré et marqué sur la sarbatane [1], je la levai doucement par le haut, et chose étrange, le vide s'augmenta d'autant de longueur qu'il y avait de hauteur de mercure dans le fond du vase, sans que le niveau du mercure qui était dans la sarbatane changeât en façon quelconque, ni remontât, comme j'aurais cru [2]. »

Rappelons que l'existence du vide était, en ces années du XVII^me^ siècle, presque universellement réputée impossible : la nature, disait-on, a horreur du vide.

Cette croyance, qui remonte à Aristote, n'avait rencontré durant le cours des siècles ni fait ni expérience capables de la contredire. Aussi l'étonnement des gens d'alors en face de « l'expérience du vide », comme on l'appelait, est-elle bien naturelle, et l'on s'explique les luttes d'idées ardentes qui ont suivi.

Pascal répondait aux adversaires du vide en variant l'expérience. L'une de leurs objections parut sérieuse. Plusieurs admettaient que les vapeurs du mercure, ou comme on disait, « les esprits du vif-argent » étaient considérables. S'il en est ainsi, l'espace audessus du mercure n'est pas vide.

[1] Le tube.

[2] Edition précitée, t. p. 33, I4.

La réponse que Pascal donna à ses adversaires ne les satisfit pas ; ils s'obstinèrent dans leur opinion, et même un certain Pierius, qu'ils regardaient comme leur chef, publia dans l'espace de 24 heures une brochure traitant des propriétés du mercure.

Pascal ne se tint pas pour battu ; il imagina une expérience qui fût décisive. Il fit construire à la verrerie de Rouen deux tubes de 40 pieds, les attacha à un mât de navire, qu'on pouvait, à l'aide d'un treuil dresser ou abaisser à volonté. L'un de ces tubes devait être rempli d'eau, l'autre de vin. Si, comme Pascal le pense, les liquides s'élèvent à des hauteurs inversement proportionnelles à leurs densités, et si l'on part d'une hauteur de mercure de $2\ ^7/_{24}$ pieds, on doit s'attendre, pour l'eau et le vin aux hauteurs suivantes :

eau $31\ ^1/_9$ pieds
vin $31\ ^2/_3$ »

Le calcul de Pascal fut en effet confirmé par l'expérience, qu'il fit secrètement.

Alors Pascal annonça une conférence publique. Cela se passait en janvier ou février 1647, trois mois après ses premiers essais.

Au jour fixé, le public s'assembla dans une salle de la verrerie de Rouen. Le fameux contradicteur Pierius était présent, accompagné de ses adeptes.

Tout d'abord, cachant son projet, Pascal prend à partie ses adversaires : à supposer qu'on puisse faire l'expérience avec de l'eau et avec du vin, lequel des deux liquides s'élèverait plus haut? Le vin est certainement plus spiritueux, plus volatil que l'eau ; la colonne de vin serait donc moins haute que la colonne d'eau. Voilà ce qui découlait de leur théorie, et ce qu'ils répondirent sans hésiter, déclarant du reste une telle expérience impossible.

Cela dit, on leur montra le mât et les tubes qui y étaient attachés. L'expérience fut faite sous leurs yeux ; naturellement, le résultat fut contraire à leurs prévisions ; le niveau du vin était d'un demi pied au-dessus de celui de l'eau. C'est ainsi que le débat fut clos.

*
* *

Tout cela nous est raconté par Roberval dans une très belle lettre latine. Mais ne croyez pas que Pascal reste inactif ; sans parler de ses expériences, qu'il poursuit, il rédige ses observations, précise ses interprétations et conçoit, dès ce moment, le projet d'un grand traité sur le vide. Toutefois, en tardant trop, il risquait de voir un beau jour, dans la publication d'un inconnu, ses expériences décrites ou répétées, expliquées d'une façon ou d'une autre, en un mot volées. Aussi, en octobre 1647, il publie à Paris ses *Nouvelles expériences touchant le vide*. C'est un abrégé, donné en prévision d'un grand *Traité sur le vide*.

Dans son petit ouvrage, Pascal décrit des variantes de l'expérience du vide, et, bien entendu, il donne son opinion sur le vide, puisque là est le mystère qui préoccupe tous les philosophes. Il ne soupçonne pas encore la cause véritable du vide barométrique, c'est-à-dire la pression atmosphérique. Pascal n'a jamais cru à l'horreur invincible de la nature pour le vide, mais il pense que le vide est possible et peut être obtenu par une force finie ; et il affirme que ses expériences le prouvent.

Entre autres choses, il dit ceci : «Les uns disent que le haut de la sarbatane était plein des esprits du mercure — cela à l'adresse de Pierius — ; d'autres, d'un grain d'air imperceptible raréfié ; d'autres, d'une matière qui ne subsistait que dans leur imagination — cela à l'adresse de Descartes, qui remplissait le haut du tube de sa *matière subtile* — ; et tous conspirant à bannir le vide exercèrent à l'envi cette puissance de l'esprit qu'on nomme Subtilité dans les écoles, et qui pour solution des difficultés véritables, ne donnent que de vaines paroles sans fondement. »

Ici et ailleurs encore, il visait Descartes, qui d'ailleurs ne s'y trompa pas, et se reconnut quand il reçut l'imprimé de Pascal. Nous lisons dans une lettre de Descartes à Carcavi : « J'ai déjà vu qu'il a tâché d'attaquer ma matière subtile dans son imprimé... » Il ne s'en fâcha pas, car dans une autre lettre, il invite Pascal à employer ses meilleures raisons en attendant qu'il donne les siennes.

* * *

A peine Pascal eut-il imprimé ses *Nouvelles expériences* que ses idées sur la cause du vide changèrent par une circonstance inattendue. Par une lettre que le P. Mersenne reçut d'Italie, on apprit à Paris que l'auteur de l'expérience du vide était Torricelli. Tous les savants furent ravis et Pascal en particulier, parce que Torricelli, professeur à Florence, était très estimé à Paris comme géomètre. D'autre part on apprenait encore — mais c'était une simple conjecture de Torricelli — que la cause de l'ascension du mercure pourrait bien être le poids de l'atmosphère.

Cette explication parut séduisante à Pascal, mais exigeant confirmation. Est-il besoin de dire que l'examen de cette hypothèse, et des expériences capables d'en établir la fausseté ou la vérité étaient le sujet ordinaire des entretiens de Pascal, de Roberval, de Descartes et du P. Mersenne? C'est alors que Pascal réalisa l'expérience du « vide dans le vide ». Enfin, le 15 novembre, Pascal écrivit cette fameuse lettre où il priait son beau-frère Périer, habitant Clermont, de faire l'expérience de Torricelli en même temps à Clermont et au sommet du Puy de Dôme. Alors, si réellement la colonne de mercure fait équilibre à la colonne d'air qui est au-dessus de nos têtes, la hauteur du mercure sera moins élevée sur une montagne, parce que là la couche d'air est moins épaisse. C'est là, dit Pascal, une expérience qui doit être décisive.

Cette expérience fut faite, en effet, par Périer, mais seulement dix mois plus tard, le 19 septembre 1648. La différence des hauteurs du mercure fut constatée d'une façon très nette. Voici ce que Périer trouva :

A Clermont :	haut. du mercure	26	pouces	3 $^{1}/_{2}$	lignes
Puy de Dôme : »	»	23	»	2	»
	différence	3	pouces	1 $^{1}/_{2}$	ligne

(environ 8,5 cm.)

(Puy-de-Dôme, alt. 1465 m. — Différence entre Clermont et le sommet 500 toises ou 1000 m. —)

On devine la joie de Pascal à cette nouvelle : l'expérience du Puy-de-Dôme dissipait ses incertitudes, anéantissait les querelles à propos du vide, et enfin démontrait que l'air atmosphérique se comporte comme un fluide ordinaire et fait simplement équilibre au vif-argent. C'est pourquoi il la nomme la *Grande expérience des liqueurs*. Il la publia sans tarder dans un livret de 20 pages, qui contenait, avec quelques explications, la lettre adressée à Périer l'année précédente, de même que la réponse que ce dernier venait de lui envoyer.

Cette découverte est une source d'idées nouvelles pour Pascal, qui commence à voir clair dans les problèmes de l'équilibre des fluides. Mais avant de parler de ce qu'il médite, il convient de se demander : qui a eu le premier l'idée de l'expérience du Puy-de-Dôme?

D'une part, Pascal l'a revendiquée comme lui appartenant complètement. D'autre part, Descartes prétend avoir donné cette idée à Pascal : « C'est moi, dit-il, qui l'ai avisé de cette expérience et qui l'ai assuré du succès ». Enfin, Mersenne pourrait la réclamer comme sa propriété puisqu'en un de ses ouvrages il en a formulé nettement le plan.

Cette difficulté n'a pas encore été éclaircie et ne le sera peut-être jamais. Toutefois, malgré les revendications formelles de Descartes et de Pascal, on a pu concilier la bonne foi de l'un et de l'autre.

Les réflexions auxquelles Pascal va se livrer désormais s'enchaînent à cette dernière expérience de la façon la plus naturelle. Nous les possédons, complètement mises au point, dans les deux traités de l'*Equilibre des liqueurs* et de la *Pesanteur de la masse de l'air ;* nous dirions aujourd'hui : statique des liquides et statique des gaz. Voilà enfin une œuvre scientifique achevée, qui n'a pas d'égale pour sa clarté, dont la doctrine est si précise et si correcte qu'elle est aujourd'hui encore enseignée intégralement.

Ce traité de l'*Equilibre des liqueurs* est un petit chef-d'œuvre ; non pas que tout soit de l'invention de Pascal, mais même dans les choses recueillies chez ses prédécesseurs, l'ordre est si nouveau, les vues si pénétrantes et le style si clair qu'il y a mis l'empreinte de son génie.

Pour dire en quelques mots de quoi traite cet ouvrage, je citerai, en employant les dénominations actuelles : le paradoxe hydrostatique, la presse hydraulique, les vases communiquants et le principe d'Archimède. Cette théorie possède une grande unité, grâce au fait qu'elle est fondée sur un seul principe, celui qu'on nomme aujourd'hui le *principe de Pascal.* C'est bien là la préoccupation ordinaire de Pascal : quand il fait une découverte, il en fait le centre d'une théorie.

Nous y lisons (ces lignes sont devenues classiques) : « Si un vaisseau [1] plein d'eau, clos de toutes parts a deux ouvertures, l'une centuple de l'autre : en mettant à chacune un piston qui lui soit juste, un homme poussant le petit piston égalera la force de cent hommes, qui pousseront celui qui est cent fois plus large, et en surmontera quatre vingt dix-neuf. »

Ces paroles de Pascal expliquent clairement ce dont il s'agit ; cette proposition est présentée comme un *fait expérimental.*

« Et quelque proportion qu'aient ces ouvertures, si les forces qu'on mettra sur les pistons sont comme les ouvertures, elles seront en équilibre. D'où il paraît qu'un vaisseau plein d'eau est un nouveau principe de mécanique, et une machine nouvelle pour multiplier les forces à tel degré que l'on voudra, puisqu'un homme par ce moyen, pourra enlever tel fardeau qu'on lui proposera [2]. »

Cette nouvelle machine est la *presse hydraulique* dont Pascal est sans contredit l'inventeur. Chacun sait les nombreux emplois qu'elle trouve dans l'indus-

---

[1] Vase ou récipient de forme quelconque.

[2] Edition précitée, t. III, p. 162.

trie ; la simplicité de cette découverte ne diminue en rien le mérite de Pascal.

Cherchons, avec Pascal, la raison pour laquelle l'équilibre a lieu.

J'observe que, malgré la différence des charges, des surfaces égales de l'eau sous les pistons sont également pressées. Je puis prendre cette constatation comme principe et dire : il y a équilibre lorsque et seulement lorsque la pression par unité de surface est la même partout. Cette proposition possède une certaine évidence ; car dans ce cas toutes les parties doivent être en repos, et si l'un des pistons cédait, je ne comprendrais pas pourquoi ce serait l'un plutôt que l'autre. Envisagée ainsi cette proposition constitue le *principe de Pascal.*

Mais on peut aussi invoquer les principes qui sont à la base de la mécanique, par exemple celui des travaux virtuels énoncé par Benedetti et Galilée. Pascal montre qu'en vertu de ce principe l'équilibre a lieu dans les conditions indiquées, et la « nouvelle machine » paraît tout à fait semblable à un levier.

Je ne m'attarde pas à analyser davantage le traité de l'*Equilibre des liqueurs* et celui de la *Pesanteur de la masse de l'air*. Le *Traité du Vide*, que Pascal promettait, n'a pas paru ; il n'est pas douteux que les deux nouveaux traités dont je parle résultent d'un remaniement total du *Traité du vide*, déjà rédigé en grande partie. D'ailleurs, la pensée et la méthode de Pascal semblent s'être transformées aussi, ce que nous pouvons montrer par quelques contrastes que nous révèlent les deux nouveaux traités vis-à-vis des écrits antérieurs.

En premier lieu le *Traité du vide* était sans doute basé sur l'expérience de Torricelli ; tout le reste ne devait être que conséquences et applications. Par une méthode inverse les nouveaux traités sont basés sur les principes de la mécanique et de l'hydrostatique, d'où se déduisent à titre de corollaires les faits expérimentaux connus, en particulier celui de Torricelli.

En second lieu, Pascal, dans sa façon d'écrire, était jusqu'ici personnel ; qu'il exprimât une idée ou qu'il décrivît une expérience, l'auteur avait la préoccupation constante de dire si l'idée ou l'expérience lui appartenait. Dans l'*Equilibre des liqueurs*, au contraire, rien de semblable ; c'est un travail difficile que de démêler, parmi les choses traitées par Pascal, celles qui sont de son invention, de celles qu'il a trouvées chez ses prédécesseurs.

Cette œuvre a été composée par Pascal entre la 28me et la 31me année de son âge, à ce qu'il semble. Elle n'a été publiée qu'après sa mort.

*
* *

J'en viens à cette année 1654, durant laquelle Pascal fit tant de travaux mathématiques. Il ne s'agit plus de géométrie, mais d'arithmétique et de questions de probabilités. Nous possédons diverses lettres échangées entre Pascal et Fermat, ainsi que plusieurs traités dont le plus important a pour titre : *Traité du triangle arithmétique*.

Chacun de ces traités est court, mais leur ensemble forme une œuvre assez importante. Tout cela a été trouvé tout imprimé, après la mort de Pascal, parmi ses papiers. On ne s'en étonnera pas si l'on sait qu'à la fin de l'année 1654 Pascal a rompu pour un temps avec les mathématiques ; il a donc tenu secrets les ouvrages qui venaient d'être imprimés. L'éditeur, qui les trouva, semble s'excuser de donner au public des écrits qui, dit-il, ne peuvent rien ajouter à la gloire de Pascal, et il supplie le lecteur de les regarder comme une chose qu'il a négligée lui-même. Il est vrai que tout n'est pas remarquable au même degré, mais il y a des choses excellentes.

Je ne parlerai que du *triangle arithmétique*, qui est dans son œuvre comme un point central. Pascal n'en est peut-être pas l'inventeur, mais il l'utilise d'une manière très originale.

1re base[1] · 2me base · 3me base

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	3	6	10	15	21	28	36		
1	4	10	20	35	56	84			
1	5	15	35	70	126				
1	6	21	56	126					
1	7	28	84						
1	8	36							
1	9								
1									

→ **Rangs parallèles**

↕ **Rangs perpendiculaires**

Fig. 2.

Après avoir mis 1 (fig. 2) dans chaque « cellule » du premier rang, soit « parallèle », soit « perpendiculaire », pour employer les dénominations mêmes de Pascal, le nombre inscrit dans toute autre cellule se détermine

---

[1] Pascal appelle *base* toute diagonale qui traverse les cellules, allant obliquement de l'angle inférieur gauche à l'angle supérieur droit.

par cette règle qu'il est la somme des nombres écrits, l'un au-dessus, l'autre à gauche.

Pascal remarque que le triangle arithmétique possède un grand nombre de propriétés ; il les énumère et les démontre.

Le triangle arithmétique peut-être regardé aussi comme le tableau des nombres de combinaisons, et par suite peut servir à la résolution de certains problèmes sur le jeu. Le chevalier de Méré avait proposé à Pascal deux problèmes sur les jeux de hasard, et ce fut la circonstance qui fit naître la théorie des probabilités. Pascal s'intéressa à ces problèmes autant et peut-être plus qu'à la géométrie ; et dans la correspondance qu'il entretint avec Fermat, qui était à Toulouse, on voit s'ébaucher peu à peu les principes et la méthode de calcul.

L'un de ces problèmes est particulièrement intéressant. Deux joueurs se séparent avant la fin du jeu ; ils ont gagné chacun quelques parties ; comment doivent-ils répartir les enjeux? Par exemple, deux joueurs ont convenu que le premier des deux qui aura gagné trois parties, aura gagné définitivement et emportera tout l'argent déposé. Mais au milieu du jeu, quand l'un a gagné deux parties, et l'autre une partie, ils désirent cesser le jeu. On demande la manière équitable de faire la répartition des enjeux. Cette juste distribution, Pascal l'appelle *le parti*.

On le voit, avant tout calcul, il s'agit de fixer un principe. Laissons ici parler Pascal, qui dans une lettre à Fermat [1], pose le problème et donne sa solution avec toute la clarté désirable :

---

[1] Lettre du 29 juil. 1654. Edition précitée, t. III, p. 382.

« Voici à peu près comme je fais pour savoir la valeur de chacune des parties, quand deux joueurs jouent par exemple en trois parties, et chacun a mis 32 pistoles au jeu :

Posons que le premier en ait deux et l'autre une ; ils jouent maintenant une partie, dont le sort est tel que, si le premier la gagne, il gagne tout l'argent qui est au jeu, savoir, 64 pistoles ; si l'autre la gagne, ils sont deux parties à deux parties, et par conséquent, s'ils veulent se séparer, il faut qu'ils retirent chacun leur mise, savoir, chacun 32 pistoles.

Considérez donc, Monsieur, que si le premier gagne, il lui appartient 64 ; s'il perd il lui appartient 32. Donc s'ils veulent ne point hasarder cette partie et se séparer sans la jouer, le premier doit dire : « Je suis sûr d'avoir 32 pistoles, car la perte même me les donne ; mais pour les 32 autres, peut-être je les aurai, peut-être vous les aurez ; le hasard est égal ; partageons donc ces 32 pistoles par la moitié et me donnez, outre cela, mes 32 qui me sont sûres. » Il aura donc 48 pistoles et l'autre 16.

Posons maintenant que le premier ait deux parties et l'autre point, et ils commencent à jouer une partie. Le sort de cette partie est tel que, si le premier la gagne, il tire tout l'argent, 64 pistoles ; si l'autre la gagne, les voilà revenus au cas précédent, auquel le premier aura *deux* parties et l'autre *une*.

Or, nous avons déjà montré qu'en ce cas, il appartient à celui qui a les *deux* parties, 48 pistoles : donc, s'ils veulent ne point jouer cette partie, il doit dire ainsi : « Si je la gagne, je gagnerai tout, qui est 64 ; si je la perds, il m'appartiendra légitimement 48 : donc donnez-moi les 48 qui me sont certaines au cas même que je perde, et partageons les 16 autres par la moitié, puisqu'il y a autant de hasard que vous les gagniez comme moi. » Ainsi il aura 48 et 8, qui sont 56 pistoles. »

On voit comment Pascal procède de proche en proche ; mais dans son traité du triangle arithmétique, il enseigne à faire le parti. Appliquons sa méthode au problème généralisé de la lettre à Fermat :

Au premier joueur il manque a parties pour qu'il ait gagné ; au deuxième b parties ; en tout cela fait $a+b$. Je prends la base du triangle arithmétique de rang $a+b$; je fais correspondre au premier joueur a cellules (en partant d'une extrémité de la base), et au deuxième les b autres. Soit A la somme des nombres écrits dans les a cellules ; B celle des nombres écrits dans les b cellules. Alors au premier joueur revient la fraction $\frac{B}{A+B}$ de l'enjeu, au deuxième la fraction $\frac{A}{A+B}$ de l'enjeu.

Quant à la démonstration elle-même, tous les commentateurs s'accordent à la trouver ingénieuse. Pascal montre que si cette proportion est vraie pour une base quelconque, elle est également vraie pour la base suivante. C'est la méthode de récurrence.

*
* *

Il aurait manqué une gloire à Pascal s'il n'avait contribué, comme précurseur, à l'invention du calcul différentiel et intégral. Or, en 1658, il revint aux mathématiques, et c'est la *cycloïde* ou *roulette* qui devint l'objet de ses méditations. Cette courbe intéressante — décrite par un point fixé au cercle qui roule sur un plan — avait été étudiée par Galilée et Torricelli et plusieurs autres géomètres. On avait déjà appliqué la méthode des indivisibles à l'évaluation de certains éléments tels que l'aire, le centre de gravité, le volume du solide de révolution, problèmes qu'on traite aujourd'hui facilement, mais avec le secours du calcul intégral.

Les procédés qu'on utilise pour le calcul de ces éléments, en évitant les intégrales, exigent la connaissance de la somme des carrés des nombres entiers, et d'autres choses semblables. Or, Pascal était bien préparé à ce genre de considérations, lui qui avait fait une étude spéciale de ces questions.

On dit que c'est dans ses insomnies qu'il commença à réfléchir aux problèmes de la roulette ; il trouva peu à peu les solutions, qu'il communiqua à ses amis, et ceux-ci lui conseillèrent de les proposer en défi aux mathématiciens et de promettre des prix.

Voici les problèmes proposés [1] :

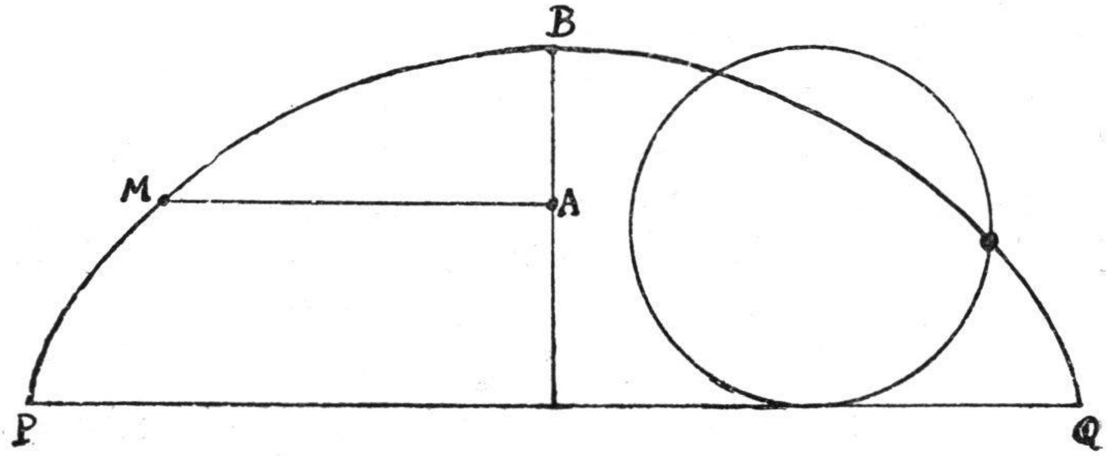


Fig. 3.

Soit M un point *quelconque* de la roulette, et MA parallèle à PQ. On demande

1° L'aire MAB et son centre de gravité.

[1] Voir M. Cantor, *Gesch. d. Math.*, 1913, t. II, p. 907.

2° Le volume et le centre de gravité du solide engendré par la rotation de *MAB*, soit autour de l'axe *AB*, soit autour de l'axe *AM*.

3° Les centres de gravité des volumes obtenus en coupant ceux qu'on vient de définir par un plan passant par l'axe de rotation.

Les solutions devaient être envoyées avant le 1er octobre 1658 à Carcavi, chez qui se trouvaient déposées 60 pistoles.

Comme on le voit, les problèmes étaient difficiles ; ils portaient au fond sur l'intégration de *sin x* et *cos x*. Il y eut cependant des mathématiciens qui présentèrent des solutions, Lalouvère, Wallis, de Wren, mais aucun ne résolut tous les problèmes et correctement. Pascal, cependant, tenait prêtes les solutions des problèmes de la roulette, et l'année suivante il les publia. Il soutenait la légitimité de la méthode des infiniment petits, et l'employait avec succès et sans erreur. Il manifesta là un talent prodigieux. On attribue à Leibnitz l'invention du calcul infinitésimal ; mais n'oublions pas que Leibnitz a reconnu expressément qu'il devait beaucoup aux ouvrages de Pascal.

*
* *

Je termine ici l'esquisse de quelques traits de Pascal, géomètre et physicien. Mais, il va sans dire que je n'ai pu qu'effleurer un tel sujet, où abondent des questions difficiles de priorité. P. Duhem dit : « La lecture intelligente d'un petit livre comme le *Traité de l'équilibre des liqueurs* nous oblige à remuer les bibliothèques ».

On admire chez Pascal la profondeur des idées et la clarté des démonstrations. Il sentait bien que l'obscurité était le défaut dominant des savants d'alors.

Dans une *Dédicace* à l'Académie parisienne, il dit en substance : On trouve peu de gens doués du génie d'invention ; moins encore qui soient capables d'exprimer leurs idées avec élégance et clarté ; mais la réunion de ces deux qualités chez un même homme est la rareté même. Voici ses propres termes : « *Paucis vero genium audax inventionis, paucioribus (uti reor) genium elegans demonstrationis, paucissimis utrumque.* »

Et bien, ces qualités si rares se trouvent en Pascal, à un degré éminent.

Séance du 21 février 1924.

P.ésidence de M. le prof. Dr S. Bays.

1. M. le Dr Firmin Jaquet : *Une excursion botanique aux Morlheys.*

2. M. le Dr Th. Musy : *Le Cinématographe « Pathé-Baby »* avec projection de films scientifiques.

Séance du 6 mars 1924.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays.

1. M. J. Spæth, assistant de physique cosmique : *Le Sanatorium fribourgeois.*

La question de l'emplacement du sanatorium occupe actuellement beaucoup d'esprits et l'on se demande, en présence de tant de propositions et désirs exprimés, quel endroit sera finalement choisi, quel district du canton préféré. Pour satisfaire tout le monde, mais surtout dans l'intérêt des malades, nous devons nous placer uniquement au point de vue de la science et nous poser cette seule question : Qu'exige la climatologie spécifiquement médicale du climat d'une station de cure ?

Les éléments climatologiques qui transforment un climat en une véritable source de santé pour les malades sont multiples et leur analyse n'est pas élémentaire. Pour des raisons trop nombreuses pour être citées ici, la météorologie et la climatologie d'un pays sont souvent négligées. Nous savons, par exemple, que bien des gens peuvent lire une carte topographique, mais peu comprennent et savent apprécier les indications du bulletin journalier du temps. Enumérons donc brièvement les éléments dont le climat se compose. Nous avons : la pression barométrique, la température, les vents, l'humidité, la radiation solaire et celle du sol, la pureté de l'air. Il faut encore ajouter la situation géographique et locale de l'endroit en question. Au courant de cet exposé, nous trouverons encore bien d'autres facteurs souvent ignorés qui ont pourtant aussi une grande importance pour le climat.

Si l'on étudiait ces différents éléments individuellement, on arriverait à des résultats tout à fait faux, car les tables de la variation annuelle ou diurne d'un élément climatologique, la température, par exemple, ne font souvent qu'induire en erreur. Si nous constatons, par exemple, pour un endroit quelconque, que l'humidité de l'air, selon les observations d'une ou de quelques années, est minime, cela ne témoigne nullement d'un climat sain. Ce même endroit peut être exposé à tous les vents ; il peut être soumis à l'influence d'une nébulosité assez grande et aurait par conséquent, une faible radiation solaire. Citons un second exemple plus concret : La station de cure par excellence, qui sert de modèle au monde entier, la vallée de Davos, a en hiver des températures très basses et la moyenne annuelle de la température est de 2,6° centigrades. En considérant ces chiffres, qui font croire à un froid terrible et insupportable, on ne se douterait certes pas que le séjour de Davos est extrêmement favorable à la santé, aussi bien en hiver qu'en été.

A quoi doit-on attribuer ce fait ? C'est que la « valeur du refroidissement » n'est, à Davos, pas sensiblement plus grande en hiver qu'en été.

Le maintien de la température du corps, qui est de 36,5° centigrades, est la fonction la plus importante du corps humain, et, pour déterminer un climat au point de vue médical, il faut adapter les valeurs climatologiques à cette température. Les météorologistes doivent admettre que leurs observations, présentées par des tables de chiffres, ne sont pour les médecins d'aucune utilité dans leur forme actuelle. C'est pour cela que l'on cherche, en médecine, à définir le climat par une expression sommaire, par le nombre de calories qu'un climat donné oblige le corps humain à produire. Si cette chaleur est petite et si les variations de cette valeur durant les différentes saisons sont minimes, on a une indication certaine que le climat en question est favorable. Cette valeur se compose de différents éléments météorologiques que l'on ne peut séparer et qui ne diraient pas grand'chose individuellement.

Voici comment on établit « la valeur du refroidissement », c'est-à-dire les facteurs qui permettent de déterminer la chaleur nécessaire au corps suivant le climat :

C'est d'abord la température de l'air et ses variations annuelles. Ici nous devons nous méfier d'une erreur qui est souvent commise, qui est de confondre la chaleur de l'air avec l'intensité de la radiation du soleil ; ce n'est pas en été, à son élévation maximale, que le soleil est le plus chaud, mais au printemps, donc à une élévation moyenne.

Puis, il y a les vents ; une protection efficace contre tous les vents présente plusieurs avantages : les variations brusques du temps sont amorties ; ensuite, si des nuages ou un vent saturé d'humidité s'approchent d'un endroit, ils perdent en grande partie leur humidité en traversant les montagnes ou chaînes de montagnes qui protègent la contrée. En troisième lieu, le malade peut jouir pendant tout son séjour en plein air et se soumettre à l'influence bienfaisante de la radiation solaire sans être incommodé par les vents. On voit déjà par une étude superficielle quelles sont l'influence et l'importance d'une protection efficace contre les vents.

Comme troisième facteur, il y a l'humidité de l'air. En nous plaçant sur le terrain de la climatologie spécifiquement médicale, nous mesurons l'humidité « par le déficit de saturation ». Voici à quelles erreurs nous serions exposés en nous bornant à la simple lecture d'un hygromètre qui indique l'humidité relative :

Supposons que nous y lisions, un jour du mois de juillet, 40 % d'humidité relative et également 40 % au courant du mois de novembre. L'humidité semblerait donc égale pour les deux jours. Mais calculons le déficit de saturation pour les deux dates à l'aide des indications du thermomètre. Si celui-ci indique en juillet 15° et en novembre —4°, nous obtenons comme déficit de saturation 7,6, respectivement, 2. L'air pouvait donc, dans le premier cas, absorber encore 7,6 grammes d'eau par m^3 et, dans le second cas, deux grammes seulement, soit environ quatre fois moins. Voilà donc un autre exemple frappant comme quoi les éléments météorologiques n'ont de réelle valeur qu'en relation entre eux et qu'ils sont inséparables. Le déficit physiologique de l'humidité indique la différence de l'humidité réelle et de la maximale possible, par rapport à la température du corps. Il indique donc sans autre combien de grammes d'eau chaque m^3 d'air aspiré peut enlever au corps.

Le climat est encore déterminé, au point de vue médical, par la radiation solaire. Pour fixer ce facteur, il faut mesurer la luminosité dans son cours annuel, puis l'intensité des rayons solaires. Ici entre en jeu la situation géographique et locale du site envisagé, car la qualité et la quantité de la radiation solaire augmentent avec l'altitude. Nous trouvons de nouveau une relation très intime entre la radiation solaire et l'humidité : la vapeur d'eau (ainsi que la poussière contenue dans la fumée ou provenant de l'évaporation des habitations, etc.) absorbe dans une large mesure les rayons du soleil, surtout les rayons courts. Nous savons que les rayons solaires peuvent être analysés par voie spectroscopique et que la lumière blanche, telle que le soleil nous l'envoie, se compose de plusieurs rayons, dont les différentes couleurs (le rouge, le jaune, le bleu, le violet, etc.) sont uniquement déterminées par la longueur d'onde des rayons.

Ainsi, les rayons rouges possèdent la plus grande longueur d'onde (environ 0,0007 mm.), les rayons violets, la plus petite (environ 0,0003 mm). Si nous voulons étudier la radiation au point de vue médical, il est indispensable d'analyser le spectre solaire et de déterminer son intensité et ses variations pour les différentes parties du spectre.

Notons surtout que les rayons ultra-rouges atteignent leur maximum au printemps, tandis que les rayons ultre-violets y atteignent en automne. Ces différents rayons du spectre sont bien distincts par les réactions qu'ils produisent. Les rayons caloriques (ultra-rouge à jaune) et les rayons actiniques (vert à violet) ont une intensité et une amplitude bien différente selon les saisons et selon l'altitude. La quantité des rayons ultra-violets, par exemple, augmente considérablement avec l'altitude, car la quantité de poussière et de vapeur d'eau, éléments qui absorbent les rayons courts, diminue progressivement à mesure qu'on s'élève au-dessus du niveau de la mer. Ce fait est de première importance pour le traitement des malades, car l'effet bactéricide des rayons ultra-violets connu de tout le monde, est le remède par excellence. Le médecin qui ordonne un séjour dans une station de cure ou un sanatorium doit sûrement tenir compte de l'intensité des rayons ultra-violets, sinon il risque d'ordonner des doses tantôt faibles, tantôt vingt fois plus fortes.

Le nombre des influences qui entrent en jeu est encore très grand et nous ne pouvons en dire ici que quelques mots.

Le nombre des orages et des indications du pluviomètre sont à considérer. Mais ici, il faut surtout faire état de la durée et de la fréquence des pluies plutôt que de la quantité indiquée par le pluviomètre. Puis, par voie électrométrique, on est à même de mesurer l'état électrique de l'air, c'est-à-dire le différence du potentiel électrique entre l'air et le sol, et ceci fournit des éléments d'appréciation qu'on ne saurait négliger.

Si le potentiel de l'atmosphère est petit, cela témoignera en premier lieu d'une grande pureté d'air. La pureté de l'air, l'absence de toute poussière, voilà des conditions essentielles pour que l'air soit bienfaisant pour la santé.

Les bienfaits qui résultent de la diminution de la pression barométrique à proportion de l'altitude sont multiples, et ont un grand rôle médico-physiologique. A une haute altitude, ensuite de la diminution de la pression atmosphérique, nous sommes obligés à une respiration plus profonde, pour absorber le même volume d'air, d'où il résulte une plus complète ventilation des poumons.

Cette diminution de la pression atmosphérique, la pureté de l'air, la radiation solaire riche en rayons ultra-violets, voilà des raisons principales pour lesquelles les stations de cure dans la plaine, en France, en Allemagne ou ailleurs, ne pourront jamais concourir avec nos stations de haute altitude.

Il faut encore tenir compte de la radiation du sol qui est une source appréciable de chaleur. L'emplacement local peut aussi jouer un grand rôle : le panorama dont on jouit est un facteur psychologique qui exerce à lui seul une très grande influence sur les malades.

Nous parlerons encore de la nébulosité, telle qu'elle se présente dans le canton de Fribourg. Cette nébulosité, nous avons eu l'occasion de le remarquer ces temps passés, s'étend souvent à une grande partie de la Suisse, depuis le canton de Vaud jusqu'à Zurich, mais elle ne remplit pas l'atmosphère uniformément. Les hauteurs au-dessus d'environ 1000 mètres n'en sont pas atteintes et l'on y jouit d'un magnifique soleil. De même, la nébulosité ne pénètre pas dans les vallées creuses. Chez nous, par exemple, la nébulosité s'étendra jusqu'au château de Gruyères au maximum ; plus au sud, à Grandvillard et dans toute la vallée jusque vers Montbovon, nous ne trouverons les nuages qu'aux pentes des montagnes en lambeaux déchirés et non pas sous forme d'une couche compacte, comme en plaine. Un fait analogue se présente dans la Singine. La nébulosité se perd presque régulièrement entre Tavel et Alterswyl, d'un côté, et entre Chevrilles et Plasselb, de l'autre. Il y a dans cette même région un site élevé d'à peu près 1000 mètres, aux environs de la Gouglera, qui ne serait nullement inférieur comme emplacement de sanatorium, aux sites que l'on a envisagés ces derniers temps.

Comment faut-il donc procéder au choix de l'emplacement de notre sanatorium ? Les éléments climatologiques qu'il faut prendre en considération sont nombreux et variés et nous ne possédons sur aucun endroit du canton de Fribourg une statistique concluante. Il semble qu'il n'y ait qu'une chose à faire, si nous ne voulons pas choisir l'emplacement au petit bonheur ; il faut nous renseigner, par une enquête de quelques mois au moins, sur la valeur d'un certain nombre de facteurs décisifs, pour chacun des endroits qui entrent en ligne de compte. Ces facteurs sont :

1° La fréquence et l'intensité des vents ;

2° La température :

3° La radiation solaire, surtout l'intensité et la durée du soleil ;

4° La pureté de l'air ;

5° La nébulosité ;

6° La fréquence des pluies.

La connaissance de ces éléments est d'une absolue nécessité pour se rendre compte d'un climat. Les résultats obtenus devront être étudiés minutieusement et nous éviterons ainsi toute partialité dans le choix de l'emplacement de notre sanatorium tout en rendant à nos pauvres malades un service éminent.

2. M. le prof. Dr S. Bays : *Le Problème de la quadrature du cercle.*

Séance du 20 mars 1924.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays.

Neue Ansichten über die Entstehung der Gewitterelektrizität [1], par M. Dr A. Stæger, Berne.

Zur Einleitung möchte ich Ihnen eine ganz kurze Uebersicht über die bisherige Entwicklung der Gewitterforschung bieten, sodann die Resultate meiner Dissertation « Experimentaluntersuchungen über Kontaktelektrizität von staub- und wolkenförmig zerteilten Körpern, speziell von Schnee als gewitterbildendem Faktor » mitteilen und zum Schluss etwas über elektrische Vorgänge bei vulkanischen Ausbrüchen aussagen.

---

[1] In diesem Autoreferat ist die Besprechung meiner Dissertation sehr reduziert und soll nur eine vorläufige Mitteilung der später zu druckenden Dissertation sein.

Einleitung: Die alten Griechen und Römer erblickten in den Naturerscheinungen, wie Gewitter und vulkanische Ausbrüche es sind, Winke der Götter, ja verehrten sie als solche. Franklin war der erste, der den geladenen Gewitterwolken als Experimentator gegenübertrat und ihnen den zuckenden Blitz entwand. Andere bestätigten durch ähnliche Versuche die Erkenntnis von der elektrischen Eigenschaft der Gewitterwolken und ein russischer Forscher besiegelte die Wahrheit mit seinem Leben, das einem « heruntergeholten » Blitzstrahl zum Opfer fiel.

Später erkannte man, dass *jederzeit* Elektrizität in der Atmosphäre nachweisbar ist, die bei Abwesenheit von Wolken *Schönwetterelektrizität* genannt wird. Man weist sie nach mit einem sog. Kollektor, der mit dem Elektrometer verbunden wird. Von den Kollektoren sei nur der Flammen-, der Radium- und der Wassertropfkollektor genannt, von denen sich für exakte Messungen meist, d. h. bei Abwesenheit von Wind, der letztgenannte am besten eignet. Man bestimmte an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten das Potentialgefälle der Luftelektrizität und fand, dass es bei wolkenlosem Himmel einen regelmässigen stetig veränderlichen Verlauf aufweist, für dessen Erforschung sich Herr Prof. A. *Gockel* hervorragende Verdienste erworben hat. Das geometrische Bild des genannten Verlaufs, die « Potentialkurven », haben ein jährliches Maximum im Januar und zwei tägliche, nämlich vormittags und abends gegen 20 Uhr. Das Potential [-gefälle] ist gross bei Trockenheit. Im Durchschnitt beträgt es 300 Volt pro Meter ; es ist von oben nach unten gerichtet. (In unseren Gegenden beträgt das « Potential » weniger als 200 Volt/m.)

Der regelmässige Verlauf wird jählings gestört, sobald sich das kleinste Wölkchen am Horizont zeigt, insbesondere wenn es ein Cirruswölkchen ist. Das « Potential » beginnt zu schwanken und kann sogar die Richtung wechseln.

Nachstehend erwähne ich einige der wichtigsten der ca. 300 aufgestellten Gewittertheorien mit einer kurzen Kritik :

I. Von *Elster und Geitel :* Nach den Autoren erleidet die aus dem Erdboden aufsteigende, durch die radioaktiven Substanzen ionisierte Luft « Ionenabsorption », d. h. die beweglicheren negativen Ionen setzen sich in grösserer Zahl an die Wandungen der Erdporen, Bäume und Sträucher, sodass positive Ionen im Ueberschuss, d. h. positiv geladene Luft in die Höhe steigt. Kritik : Diese Ursache wirkt mit, bei der Erzeugung der Schönwetterelektrizität, reicht aber nicht aus zur Erklärung der Gewitterelektrizität.

II. Von *Wilson und Gerdien :* Nach diesen Forschern werden überwiegend negative Ionen als Kondensationskerne verwendet und von Regen, Schnee usw. niedergeschlagen, sodass ein positiver Ueberschuss in der Atmosphäre bleibt. Kritik : Es gibt hinreichend Staubkerne, die zur Kondensation von der Natur bevorzugt werden ; die Niederschläge müssten nach der Theorie überwiegend negativ sein, was man nicht hat konstatieren können ; das Potential in regenlosen Gegenden lässt sich nicht erklären.

III. Eine weitere Theorie stellt eine Variation von N° I vor und beruht auf « Ionenabsorption » an Nebelteilchen. Sie reicht auch nicht aus.

IV. Von *Lenard und Simpson :* Auch diese, experimentell sehr gut begründete Theorie, die auf der

Lenard'schen « Wasserfallelektrizität » beruht, braucht noch Ergänzungstheorien, insbesondere für die Fälle, wo keine flüssigen Niederschläge fallen, also bei *Schneegewittern.*

V. *Sohncke* hat bewiesen, dass Elektrisierung auftritt, wenn Wasser durch ein dünnes Eisrohr hindurchgepresst wird. Kritik : Ob die nötigen Voraussetzungen in der Atmosphäre erfüllt sind ?

VI. Von *Elster und Geitel :* Die sog. Influenztheorie wirkt als Verstärkung vorhandener Ladungen, setzt aber schon solche voraus.

Ueber meine Dissertation : Herr Prof. *Gockel* machte mich darauf aufmerksam, dass die Zerstäubung von Eisteilchen bei der Erzeugung der Gewitterelektrizität vermutlich eine Rolle spielen könnte und stützte sich dabei auf die statistisch erwiesenen Tatsachen, dass bei Gewittern stets *Cirruswolken,* also Eiswolken, auftreten und in der Höhe Hagel oder Graupeln fallen.

Ich untersuchte, unter welchen Umständen fein zerteilte Materie die von tumultuarischen Luftströmungen erfasst wird, sich elektrisieren kann. Zur übersichtlichen Einteilung meiner Versuche teile ich dieselben in drei Gruppen :

A. Experimente, die die Elektrisierung kleinster fester Teilchen zum Gegenstand haben, ohne Rücksicht auf ihre Form.

B. Experimente mit Mikrokristallen.

C. Versuche mit Schnee und Eis.

Ad A : Dem englischen Forscher A. W. Douglas *Rudge* gebührt das Verdienst, als erster eingehende Untersuchungen über die Elektrisierung bei Aufwirbeln, resp. Zerblasen von Staub aller Art ausgeführt zu haben. Stellen Sie sich vor, dass ich von dieser Kreide einen kleinen Teil (einige Kubikmillimeter) zu Pulver schabe und dieses mit dem Mund in die Luft blase; dabei verwandelt sich das ursprüngliche Staubhäufchen zu einer « Staubwolke » und diese Staubwolke zeigt elektrische Ladungen. Rudge führte dieses Experiment, das ich nur in seinen Grundzügen skizziere, in verschiedenen Variationen aus und stellte sich u. a. die Aufgabe, zu entscheiden, wo die Ladungen « sitzen », d. h. ob die Wolkenelemente die eine und die Luft, d. h. die Luftionen, die andere Ladung tragen oder ob nur die Wolkenelemente, also die verwendeten Staubteilchen Ladungen führen. Zuerst entschied sich Rudge für das erste, später nahm er die zweite Möglichkeit an und zwar, wie meine Versuche bewiesen haben, mit Recht. Nach dem Gesetz von der Erhaltung der Elektrizität müssen bei jeder Elektrisierung positive und negative Elektrizitäten in gleicher Menge entstehen, so dass sie sich bei Vereinigung völlig neutralisieren. Wo sind nun in unserem Fall die positiven und negativen Elektrizitätsmengen? Nach Rudges Annahme und meinen Versuchen verteilen sie sich auf Staubteilchen verschiedener Grösse, so dass beispielsweise, die grössern Stäubchen positiv und die kleinern negativ werden. Bei den einen Substanzen finden wir, dass einmal die kleinern Teilchen positiv und die grössern negativ geladen sind, bei andern ist es umgekehrt.

Ich habe zum Teil die gleichen Körper untersucht wie Rudge, aber nicht immer ein übereinstimmendes Resultat gefunden, was ich durch die Anwendung von etwas abweichenden Methoden zum Nachweis der Ladungen wie folgt erklären kann:

1. *Methode von Rudge:* Rudge sagte sich, wenn ich die Wolke mit einem sehr feinmaschigen Gitter (z. B. Drahtgitter) auffange oder innerhalb eines zylindrischen Gitters erzeuge, so werden sich die geladenen Teilchen am Gitterr setzen und ihm daher ihre Ladung mitteilen. Er schloss daraus, dass ein mit dem Gitter verbundenes Elektrometer indirekt die Ladung der Wolke mit richtigem Vorzeichen angeben müsse. Rudge erwähnt in seinen Arbeiten an verschiedenen Orten die Möglichkeit einer *neuen zweiten Elektrisierung* zwischen den Wolkenteilchen und dem *Gitter*, bestritt aber das tatsächliche Vorhandensein einer solchen Elektrisierung.

2. Mit *meinen Methoden* habe ich das Vorhandensein dieser zweiten Elektrisierung (ich nenne sie der Einfachheit halber *Gittereffekt*) bewiesen. Ich habe auch gezeigt, dass dieser Gittereffekt *stärker* sein kann als die ursprüngliche Elektrisierung, die ich zur deutlichen Auseinanderhaltung der beiden Begriffe *Rudgeeffekt* nennen möchte. Der wesentliche Unterschied meiner Methoden gegenüber denjenigen Rudges besteht darin, dass ich die «Auffanggitter» benetzte oder klebrig machte. Dadurch ist selbstverständlich ein Berühren und hierauffolgendes *Trennen* zwischen Gitter und Wolkenteilchen ausgeschlossen und damit auch der Gittereffekt, für den eben dieses *Trennen* die nächste Ursache ist. Besonders deutlich habe ich den Gittereffekt für Mehl nachgewiesen: Vor mir hängt an paraffinierten Seidenfäden wohl isoliert ein feinmaschiges Drahtgitter, das leitend mit einem Elektrometer verbunden ist. Auf einem Stück Papier habe ich einige Kubikmillimeter gewöhnliches Mehl. Blase ich dieses mit dem Mund

gegen das Gitter, so schlägt das Elektrometer stark aus. Benetze ich aber das Gitter durch Eintauchen in Wasser und wiederhole genau das gleiche Experiment, so ist am Elektrometer auch nicht der geringste Ausschlag wahrzunehmen, weil durch das Wasser der Gittereffekt verhindert ist, indem einmal das Gitter berührende Teilchen an der Wasserhaut adhärieren.

Noch deutlicher lässt sich der Gittereffekt zeigen, wenn ich ein trockenes Gitter mit Mehl bestäube und das Gitter samt den darauf befindlichen Teilchen vollständig entlade. Blase ich nun die am Gitter schwach adhärierenden Teilchen (am trockenen Gitter haften sie nämlich viel weniger stark als an einer Wasserhaut!) vom Gitter weg, so wird dieses ebenfalls geladen, ja sogar eine blosse Erschütterung des Gitters genügt, um einige Mehlteilchen davon loszulösen und dadurch eine Elektrisierung herbeizuführen.

Andere von mir benützte Methoden:

a) Flocken von Metaacetaldehyd (die nachher beschrieben werden) haben die Eigenschaft, lange Zeit und gut sichtbar in der Luft zu schweben. Es ist möglich, die Existenz von räumlich getrennten, positiven und negativen Flocken derart nachzuweisen, dass man sich ihnen mit dem Knopf einer geladenen Leydenerflasche nähert: Die gleichnamigen Flocken werden abgestossen, die ungleichnamigen angezogen.

b) Sehr gut eignet sich zum Nachweis der verschiedenen elektrischen Ladungen von kleinern und grössern Wolkenteilchen die kombinierte Anwendung eines Tropfkollektors und einer Auffangplatte. Der erste reagiert hauptsächlich auf die lange schweben-den kleinen Teilchen, die Platte auf die rasch zu Boden fallenden grössern Teilchen.

Was nun die meteorologische Bedeutung des Rudgeeffektes anbetrifft, so ist zu sagen, dass er bei Cirruswolken eine Rolle spielen kann und somit für die Erklärung der Gewitterelektrizität in Frage kommt, ferner, dass er jedenfalls die Ursache der Potentialschwankungen ist, die bei Sandstürmen in der Wüste, bei Aufwirbelung von Haselnuss- oder Gramineenstaub konstatiert werden können.

Ad B: *Experimente mit Mikrokristallen.* — Es ist bekannt, dass sich Kristalle auf verschiedene Arten elektrisieren können :

1. *Pyroelektrizität* nennt man die zuerst am Turmalin beobachtete Tatsache, dass sich ein Krystall bei Erwärmen auf der einen Seite positiv, auf der andern negativ elektrisiert.

2. *Piezoelektrizität* heisst die Elektrisierung von Kristallen bei mechanischem Druck oder Zug. Sie wurde zuerst von Hauy am Kalkspat beobachtet und von Curie weiterverfolgt.

2*a*. Ein Spezialfall der Piezoelektrizität ist die Elektrisierung durch Verdrillen. Darüber stellte Röntgen Untersuchungen an.

Welche der genannten Elektrizitätsquellen spielt beim Schnee eine Rolle ? Pyroelektrizität wird kaum in Frage kommen. Die direkte Untersuchung des Schnees auf Piezoelektrizität ist technisch schwer durchzuführen.

Ich experimentierte daher mit einer Substanz, die leicht in feinsten Kristallen erhältlich ist und mit dem Schnee die Flockengestalt gemein hat. Die Substanz heisst *Metaacetaldehyd* und wird im Handel kurz *Meta* genannt. Sie sehen hier eine Metatablette, aus der ich leicht eine Metaflocke, d. h. ein wattenähnliches Durcheinander von 1-20 Mikron dicken Metakristallen erhalte, indem ich irgend einen heissen Gegenstand mit der Tablette in Berührung bringe. Lege ich die Flocke auf die flache Hand und blase kräftig hinein (Demonstration !), so löst sich die Flocke in Tausende von Teilchen auf, von denen die grössern einige Sekunden bis Minuten in der Luft schweben können, die kleinern und kleinsten (unsichtbaren) jedoch fünf Minuten und mehr. Dabei elektrisieren sich die Teilchen derart, dass die kleinern positiv, die grössern negativ werden. Ich habe dies mit Hilfe des Faraday'schen Käfigs nachgewiesen, in den ein Tropfkollektor, davon isoliert, so eingebaut war, dass der Wasserstrahl sich in der Mitte des Käfigs in einzelne Tropfen auflöste. Das mit dem Kollektor verbundene Elektrometer zeigt beim Hineinblasen von Metakristallen in den Käfig zuerst ein negatives Potential (gegenüber der Erde) an, das nach Niedersinken der grössern Flocken, d. h. etwa nach 5 Minuten, positiv wird. Diese Versuchsanordnung gibt drei Resultate :

a) sie beweist die Existenz von positiven und negativen Teilchen.

b) sie zeigt, dass die kleinern Teilchen positiv sind, die grössern negativ.

c) sie gestattet *quantitative* Messungen des Ladungsüberschusses.

Letztere habe ich ausgeführt und als Zeitfunktion graphisch dargestellt, kann jedoch hier nicht näher darauf eingehen.

Ein anderes Experiment mit Meta zeigte mir ad oculos, dass diese feinen Kristalle sich bedeutend elektrisieren können. Ich blies ca. 0,3 Gramm Metaflocken durch ein isoliertes und mit dem Braun'schen Elektrometer verbundenes Drahtgitter, wodurch dieses ein Potential von 1500 Volt anzeigte und sich bisweilen bei Nähern des Fingers durch einen kleinen Funken entlud.

Folgendes Experiment scheint berufen, einiges Licht in die Erforschung der Ursache der Elektrisierung von Metakristallen beim Zerblasen zu bringen : Ich näherte einer kleinen auf dem Elektrometer befindlichen Metaflocke einen erwärmten Kohle- oder Metallstab. Dadurch wurde ein Teil des Flockenmaterials sublimiert und der Rest zeigte eine elektrische Ladung. Aehnlich verfuhr ich mit einem einzelnen Metakristall [Demonstration !] von Nähfadendicke und ca. 1 cm. Länge, dessen Herstellung ich meinem Freund Dr. *v. Hornstein* verdanke. Das Resultat war ein ähnliches. Die Erscheinung scheint eine pyroelektrische zu sein. 3. Da nun bewiesen wurde, dass wenigstens für Turmalin 80% der scheinbaren Pyroelektrizität im Grund Piezoelektrizität ist, so scheint mir obiges Phänomen mit der Elektrisierung durch Zerblasen, resp. Zerreissen zusammen zu hängen. Es lässt sich jedoch noch nicht beurteilen, ob die Elektrisierung von Meta beim Zerblasen wirklich Piezoelektrizität ist.

Auf die Versuche, die ich mit Kohlensäureschnee anstellte, und die gewisse Aehnlichkeit mit den Metaexperimenten haben, kann ich hier nicht eingehen.

Ad C : *Experimente mit Schnee und Eis.* — Hier habe ich nicht nach Ursachen, sondern Tatsachen gesucht. Ich habe mit künstlichem und mit natürlichem Eis und Schnee experimentiert.

1. *Experimente mit künstlichem Eis :*

a) Durch Reiben von zwei zuvor völlig isolierten Eiszapfen aneinander wurden dieselben elektrisch.

b) In einer Schale hatte ich über Nacht Wasser zum Gefrieren exponiert. Die erhaltenen, einige Millimeter starken Eisplatten spannte ich in isolierte, mit dem Elektrometer verbundene Halter und schlug mit einem Glasstab ein Stück von den Eisplatten weg ; dadurch wurde der zurückbleibende Rest elektrisch geladen, vom Glasstab war er nicht berührt worden.

c) Kleine Eisstückchen liess ich auf einer schiefen Eisebene rutschen, wodurch sie sich elektrisierten.

2. *Experimente mit natürlichem Schnee.* — Solche führte ich im Pérolleswald aus durch Herunterschütteln von Schnee von den Bäumen ; ich konnte nachweisen, dass der herunterfallende Schnee elektrisch ist.

Ausführlichere Messungen machte ich auf Jungfraujoch, wo ich mich zu diesem Zweck Ende September 1923 einige Tage aufhielt. Für die tüchtige Mithilfe bei diesen Experimenten, die sich allein nicht ausführen liessen, bin ich meinem Freund Dr. *Büchi* dankbar. In der Nähe der Station befindet sich eine gedeckte Galerie, durch die der Nordwind kräftig hindurchzog und zwar derart, dass am Luvende absichtlich aufgewirbelter Schnee vom Wind durch die ganze Galerie hindurchgetragen wurde. Das genannte Aufwirbeln besorgte mein Freund, während ich im Innern der Galerie resp. einem kleinen Seitenstollen derselben die Ausschläge des Fadenelektrometers beobachtete, die eine damit verbundene und gleichzeitig der durch die Galerie ziehenden Schneewolke genährte « Influenzplatte » verursachte. Diese

Platte wurde immer so influenziert, dass man auf eine positiv geladene Schneewolke schliessen musste. Diese Methode der « Influenzplatte » eignet sich für rasch bewegte Ladungen besser als der Tropfkollektor, der sich erst nach einiger Zeit einstellt. Die Influenzplatte wirkt *augenblicklich* und gibt die denkbar feinsten Variationen der an ihr vorbeieilenden Wolke im Elektrometer wieder. Durch Ausmessen der Dimensionen der Galerie war es möglich, auch quantitativ die Ladung der Schneewolken zu bestimmen. Wir konstatierten bis zu 50 E.S.E. pro Kubikmeter, ein Wert, der für die Erklärung der Gewitterelektrizität auf Grund von Schneezerstäubung hinreichend ist, umso mehr als in der Natur, die gleiche Schneemenge wiederholt elektrisiert werden kann.

Als *Resultat meiner Dissertation* möchte ich zusammenfassen :

« Es ist denkbar, dass die Gewitterelektrizität durch tumultuarische Luftströmungen in Cirren (Eiswolken) entstehen kann, ohne dass Cumuli dabei eine Rolle spielen. Diese Ursache darf nicht als die einzige betrachtet werden, sondern wird gemeinsam mit andern, die Gewitterelektrizität erzeugen. »

Das Problem der Gewitterelektrizität scheint eines von jenen zu sein, die man nie als definitiv erledigt und restlos erklärt ad acta legen kann.

Für die vielen Anregungen und Ratschläge bei der Ausführung meiner Dissertation möchte ich auch an dieser Stelle Herrn Prof. *Gockel* meinen aufrichtigsten Dank aussprechen !

Ueber elektrische Vorgänge bei vulkanischen Ausbrüchen. — Eine besonders wichtige, bisher noch nicht erwähnte, meteorologische Bedeutung scheinen mir der Rudgeeffekt und die Elektrisierung von Kristallen bei vulkanischen Gewittern zu haben, die bekanntlich eine häufig beobachtete Folgeerscheinung der vulkanischen Ausbrüche sind.

Im Gegensatz zu den gewöhnlichen Gewittern, scheinen mir diese rel. einfache Verhältnisse zu bieten.

Ich glaube, dass es nicht überflüssig ist, darauf hinzuweisen, dass gewöhnliche Gewitter, d. h. Wärme- oder Wirbelgewitter, unter ganz anderen Umständen entstehen als die vulkanischen und daher auch andere Ursachen für die Entstehung der Elektrizität in Frage kommen können. Der Unterschied besteht darin, dass bei gewöhnlichen Gewittern Wasser im flüssigen oder festen Aggregatszustand, bei den Vulkangewittern aber hauptsächlich Asche mitwirkt. Um meine nachherigen Schlüsse auf möglichst sichere Tatsachen stützen zu können, lese ich Ihnen einige Stellen aus « Elemente der Geologie » von H. Credner vor :

Pag. 117 : Vulkanische Asche, *feine staubartige Kriställchen* und Kristallfragmente von Feldspat, Augit, Magneteisen und Leucit, sowie eigentümliche lockere und festere Flöckchen und Häufchen zusammengeballter Mikrolithe.... endlich beträchtliche Mengen von Glasscherben und -splitterchen.

Pag. 158 : Diese Pinie besteht aus Gasen, Wasserdampf (?) und feinen Teilchen vulkanischen Staubes... Diese weisse Dampfsäule wird von einem dunklen Strahl aus Asche, Schlackenstücken und Bomben begleitet, aus welchem die grösseren und schwereren Stücke sichtlich auf die Abhänge des Eruptionskegels zurückfallen... Auch dieser Strahl von festem Eruptionsmaterial erreicht eine Höhe von oft mehreren tausend Fuss, während die Dampfsäule noch höher emporsteigt. Nicht selten fahren lebhafte Blitze aus den Rändern dieser Dampf- und Aschensäule.

Pag. 270 : Wir sehen, dass vulkanische Aschen und Sande von den Winden als dunkle verheerende Wolken viele Meilen weit getragen werden und dann als dichte Aschenregen niederfallen,... Hierbei findet durch die Luftströmungen ein förmlicher Aufbereitungsprozess, also eine Trennung des gröberen von dem feineren Materiale statt... So wurde während des Ausbruchs des Vesuvs 79 n. Chr. die Asche nach Syrien und Aegypten und später mehrfach, so im Jahre 512, nach Konstantinopel und Tripolis, 1755 nach Calabrien, 1850 in die Zentralalpen getragen... Aehnliches gilt von den Aschen des Tambora (östlich von Java), dessen Aschen in 1400 km. nördlicher Entfernung auf Borneo fielen.

Aus « Der Vulkanismus » von F. v. Wolff :

Pag. 379 : Die Förderung der Lockerprodukte überwiegt sogar unter den vulkanischen Erscheinungen der Gegenwart die der Lava bei weitem. Es gibt Vulkane, die überhaupt nur klasmatische Produkte geliefert haben.

Bei folgenden namhaften Ausbrüchen wurde die Menge der Lockerprodukte geschätzt :

Tamboro 1815 308,95 Kubikkilometer (nach Junghuhn). Tamboro 1815 150 Kubikkilometer (nach Verbeck). Krakatau 1883 18 Kubikkilometer (nach Verbeek).

Soweit die Tatsachen. Was ist ähnlich und was unähnlich mit den Staubaufwirbelungen, die Rudge und ich experimentell untersucht haben und was spricht für die Auffassung der vulkanischen Elektrizität als Rudgeeffekt und Kristallelektrisierung ?

Die Aehnlichkeit mit der Anordnung von Rudge liegt auf der Hand, als unähnlich könnte man höchstens hervorheben, dass bei den Versuchen von Rudge ein Pulver vor dem Zerstäuben bereit lag, während die vulkanischen Explosionskräfte erst zusammenhängendes Material in Staub auflösen müssen. Dieser Unterschied ist unwichtig, da das Trennen von Teilchen in den allermeisten Fällen zu Elektrisierung führt. Ich habe ausser den genannten Versuchen auch *Glastränen* zerspringen lassen und gefunden, dass die Splitter elektrisch sind; dieser Versuch nähert sich sehr den vulkanischen Vorgängen, umso mehr, als dort auch Glassplitter vorkommen.

Für die Auffassung als Rudgeeffekt und Kristallelektrisierung sprechen folgende Tatsachen:

1. Das Vorhandensein von kristallinischen, wie auch amorphen Körpern (Glas), die nach den genannten Experimenten für Rudgeeffekt und Kristallelektrisierung geeignet sind.

2. Die grosse Anzahl verschiedener Kristalle. Je mehr solcher in einem Gemisch sind, umso wahrscheinlicher werden solche darin sein, die wirksame Kristallelektrisierung geben.

3. Die sehr feine Zerteilung der Körper; denn je feiner sie zerteilt sind, umso grösser ist nach meinen Experimenten, die ich in der Dissertation beschrieb, aber auf die ich hier nicht eingehen kann, die Wirkung.

4. Die enorme Wucht und Rapidität der Zerstäubung, die vermutlich auch günstig wirkt auf die Elektrisierung.

5. Eine Einwirkung auf das elektrische Luftpotential, die C. *Dorno* konstatiert hat und mit dem Katmai-Ausbruch auf Alaska, dessen Staub bis nach Mitteleuropa getrieben wurde, in Zusammenhang bringt.

Dieses alles spricht für die Elektrisierung; aber damit Blitze überschlagen, ist auch eine vorherige *Trennung der Elektrizitäten* nötig. Diese folgt aus der Annahme, dass bei vulkanischer Asche wie bei allen andern untersuchten Körpern die verschiedenen elektrischen Ladungen mit Teilchen *verschiedener Grösse* verbunden sind. Der schwächste Wind kann dann genügen, um die Trennung herbeizuführen, indem die kleinern Teilchen ihm eher folgen, während die grössern zurückbleiben. Auch ohne Wind genügt der aufsteigende Gasstrom und die Wirkung der Schwerkraft zur Durchführung der Trennung.

Zusammenfassend kann ich den Inhalt dieses letzten Kapitels (vulkanische Elektrizität) so formulieren :

Im Gegensatz zu den gewöhnlichen Gewittern scheinen die vulkanischen einfachere Verhältnisse aufzuweisen, was die Erzeugung der Elektrizität anbelangt. Die einzigen (?) oder wenigstens wichtigsten Ursachen scheinen der Rudgeeffekt, d. h. Elektrisierung durch Zerstäubung fester amorpher Teilchen und die Elektrisierung bei Zerreissen von Kristallen zu sein.

Séance du 8 mai 1924.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays.

Faune de l'époque des palafittes (Néolithique du Musée d'histoire naturelle), par M. M. Musy, Dr ès-sc.

On sait que nos stations lacustres, sur pilotis, ont été découvertes pendant l'hiver 1853-54, hiver particulièrement sec qui permit aux habitants de Meilen, sur la rive droite du lac de Zurich, de profiter du niveau très bas des eaux pour gagner du terrain sur le lac. Le Dr Ferdinand Keller n'hésita pas à admettre que les pilotis découverts avaient dû supporter des habitations semblables à celles qui de nos jours encore, sont signalées dans différents pays.

Les pêcheurs de nos lacs n'ignoraient pas d'ailleurs l'existence d'aspérités auxquelles leurs filets se déchiraient et Desor dit quelquepart que, dans son enfance, à Neuchâtel, il s'amusait avec ses camarades à enfoncer avec des perches les vieilles poteries qu'ils apercevaient sous l'eau du lac.

Mon intention n'est pas de refaire l'histoire de nos palafittes, je veux simplement parler de la faune de cette époque, d'après les ossements trouvés avec les objets de l'industrie humaine au milieu de ces champs de pilotis.

Les archéologues s'intéressaient beaucoup plus à ces derniers objets qu'aux restes d'ossements qu'ils recueillaient cependant, mais sans y mettre le soin que seul, un géologue habitué à la stratigraphie, y aurait mis, ce qui est profondément regrettable.

Des fouilles rationnelles ont été faites, en 1920, à Auvernier et, en 1921, à Port-Conty, près de St-Aubin (Neuchâtel), par P. Vouga [1].

Cependant, Louis Rütimeyer, à Bâle, ne tarda pas, dès les premières découvertes, à s'occuper de la faune du Néolithique lacustre [2]. D'autres naturalistes vin-

[1] P. Vouga : *Essai de classification du Néolithique lacustre d'après la stratification* « Anzeiger für schweizerische Altertumskunde Neue Folge, B. XXII, 1920, Heft 4, S. 228, und B. XXIII, Heft 3, 1921 ».

[2] L. Rütimeyer : *a) Untersuchung der Tierreste aus Pfahlbauten der Schweiz* in « Mittel. der Antiq. Ges. Zürich, Band 13, 1860 ».

b) Die Fauna der Pfahlbauten der Schweiz in « Neue Denkschriften der Allg. Schw. Gess. der Naturwiss. B. 19, 1862 ».

rent après lui, je citerai d'abord Théophile Studer, à Berne, qui s'occupa spécialement du lac de Bienne; ses travaux ont une importance spéciale pour la Suisse occidentale dont Rütimeyer ne s'était pas occupé [1]. Les travaux de cet ancien membre honoraire de notre société furent nombreux et importants, il est opportun de citer spécialement son étude des races de chiens des palafittes [2].

Pour ce qui concerne les animaux domestiques, un ouvrage très important est celui de Conrad Keller : *Geschichte der Schweizerischen Haustierwelt* (Frauenfeld 1919), dans lequel l'auteur résume de nombreux travaux personnels publiés antérieurement. Il faut y ajouter les travaux de J. M. Duerst, à Berne, sur les chevaux du Néolithique dont il sera question plus loin. La faune en général n'a pas beaucoup changé, pendant le Néolithique, cependant, dans les restes que nous retrouvons, on constate une diminution progressive des animaux sauvages et une augmentation parallèle des animaux domestiques. Cette observation démontre incontestablement les progrès de l'agriculture et le développement de l'élevage et comme conséquence une diminution de la chasse.

Par contre, les travaux de Rütimeyer avaient déjà démontré que la faune qui nous occupe diffère essentiellement de celle de la fin des temps glaciaires, soit des derniers temps du Paléolithique pendant lesquels

---

[1] Th. Studer : *a*) *Die Tierwelt in den Pfahlbauten des Bielersees* in « Mitteil. naturf. Ges. Bern, 1882 und Nachtrag. Ibid. 1884, etc. ».

[2] *Beitrag zur Kenntnis der Hunderassen in den Pfahlbauten* in « Arch. für Anthrop XII, p. 67 à 78. Braunschweig 1880 ».

les animaux domestiques étaient inconnus. Sans doute, les formes sauvages des steppes (faune sèche) et des toundras (faune très froide) du Magdalénien ou Paléolithique supérieur ou Pleistocène supérieur des géologues persistent au commencement du Néolithique, mais il n'est pas question d'animaux domestiques dans l'Europe centrale. Il en est encore de même dans l'Azilien, soit pendant l'époque de transition du Magdalénien au Néolithique [1].

Enfin, je cite encore les travaux les plus récents qui m'ont été fort utiles pour ce travail : L. Reverdin, *La Faune néolithique de la station de St-Aubin* (Lac de Neuchâtel) ; E. Pittard et L. Reverdin, *A propos de la domestication des animaux dans la période néolithique* [2].

J'ai consulté également les travaux de K. Heschler : *Beiträge zur Kenntnis der Pfahlbautenfauna des Neolithikums (Die Fauna der Pfahlbauten im Wauwylersee* [3]*)*. et *Die Tierwelt der Schweizerischen Pfahlbauten* [4]. C'est surtout ce dernier travail de M. Heschler qui m'a servi de guide, j'y ai fait de larges emprunts.

Je passe maintenant à l'examen des ossements de la Collection du Musée d'histoire naturelle. Ces ossements se trouvaient, jusqu'en 1922 , dans la collection archéologique des palafittes au Musée d'antiquités, où ils avaient été négligés jusqu'à présent. Seuls quel-

---

[1] Fritz Sarasin : *Die Steinzeitlichen Stationen des Birstales zwischen Basel und Delsberg,* « Neue Denkschrift. Schw. Naturf. Ges. Band 54, 1918 ».

[2] *Archives suisses d'anthr. générale.* T. IV, nº 3.

[3] *Vierteljahrschr. der Naturf. Ges. Zürich,* LXV, 1920.

[4] *Mitteil. der Antiq. Ges. in Zürich,* Band XXIX, Heft 4, 1924.

ques échantillons avaient été déterminés autrefois par Rütimeyer. Le désir que m'avait manifesté M. L. Reverdin d'examiner cette collection, fut l'occasion de les faire déterminer par ce spécialiste et en même temps celle de les faire céder au Musée d'histoire naturelle pour en installer, au moins une partie, plus convenablement.

I. Animaux sauvages.

L'*Aurochs* (Bos primigenius) et le *Bison* (Bos bison) ont joué chez nous un certain rôle à l'époque néolithique et même jusqu'à l'époque historique. (Voir Ekkehard : *Benedictiones ad mensas*, ca 1000). Cependant leurs restes sont plutôt rares dans nos palafittes.

L'*Aurochs*, en effet, n'est représenté dans notre collection que par une tête d'humérus qui pourrait peut-être appartenir au *Bison* et par l'extrémité *distale* d'un fémur de la station d'Estavayer, le Bison par une corne (?) de Locras (Lüscherz, lac de Bienne) et une vertèbre (Atlas) d'Estavayer.

Ces deux grandes espèces, étaient-elles déjà rares dans notre région ou les hommes du Néolithique préféraient-ils le cerf plus abondant et sans doute moins dangereux et plus facile à chasser ? Je crois plutôt à leur rareté, car dans le cas contraire, il me semble que nous devrions en trouver des restes dans nos marais et nos tourbières. Le *Cheval (Equus)* n'était pas encore domestiqué, à l'époque de nos palafittes. Ses os sont relativement rares quoique un peu plus nombreux que ceux des deux grands bœufs précédents.

A l'*époque du bronze* qui succède au Néolithique, on trouve des restes plus abondants d'une petite race orientale domestiquée et probablement, nouvellement introduite par les peuplades immigrées à cette époque. La race sauvage primitive et plus grande devait encore exister à cette époque à côté de cette race domestique et nouvelle.

Duerst (1904) a distingué deux races de chevaux qu'il nomme, la petite Equus caballus Nehringi Duerst et la grande : Eq. cab. robustus Nehring [1].

Je ne saurais dire à laquelle de ces deux races nous devons rapporter les restes trouvés dans nos stations ; M. L. Reverdin qui les a examinés, s'est contenté de les nommer Equus et Equus caballus ?

La station de Greng est *néolithique ;* les chevaux de cette localité appartiennent très probablement à la race Equus caballus robustus de Nehring ? [2]

La station d'Estavayer, néolithique à sa base, appartient à la période du bronze par sa partie supérieure. Les fouilles n'ayant pas été faites stratigraphiquement, on ne peut pas dire, a priori, à quel cheval appartiennent les ossements trouvés. Il est peut-être rationel d'attribuer les plus petits à l'époque du bronze et d'admettre qu'ils sont d'Equus caballlus Nehringi Duerst ?

Le Cheval sauvage doit avoir existé dans quelques contrées de la France jusque vers 1500 et dans la Prusse orientale jusque vers le commencement du XIXme siècle. En Suisse, nous en trouvons les dernières traces historiques dans les prescriptions culinaires du couvent de St-Gall qui remontent avant l'an 1000 [3].

---

[1] *Die Tierwelt der Ansiedelung. am Schlossberge zu Burg an der Spree,* « Anh. f. Anthrop. N. F. Bd. II ».

[2] Il existe aussi une station du bronze à Greng.

[3] D'après Emile Guldi : *Die Tierwelt der Schweiz in der Gegenwart und in der Vergangenheit,* Bern 1914, p. 254.

D'après Tschudi, la forte race fribourgeoise, aujourd'hui presque disparue ou noyée dans des croisements divers, descendrait du cheval burgonde ! (V^{me} siècle).

Le *Sanglier (Sus scrofa ferus)* est surtout signalé chez nous dans le courant du XV^{me} et du XVI^{me} siècles [1], mais il ne disparut que vers le commencement du XIX^{me} siècle pendant lequel on en tua encore quelques-uns. Il arrive même de temps en temps, que des sujets isolés s'égarent sur notre territoire.

Il eut une assez grande importance, variable suivant les stations, pendant toute l'époque néolithique, ses restes diminuent cependant vers la fin et à l'époque du bronze alors que ceux des *Suidés* domestiques, dont il sera question plus loin, vont en augmentant.

Les restes que nous en possédons, proviennent surtout de la station de Greng (lac de Morat), ils sont plus rares à Estavayer quoique, plus tard, ils soient signalés en grand nombre dans différentes contrées du district de la Broye [2].

Nous en trouvons aussi des restes à Morens dont il sera question à propos du Bos brachyceros.

L'*Elan (Cervus alces)* était relativement rare, du moins ses ossements sont peu nombreux dans nos palafittes ; nous ne possédons en effet que deux fragments de bois de la station de Greng et deux d'Estavayer. Ces bois ont été utilisés par l'homme.

D'un autre côté, deux fragments et un bois entier ont été trouvés dans la tourbière de Rosé (Glâne) et

---

[1] M. Musy : *Essai sur la chasse aux siècles passés et appauvrissement de la faune fribourgeoise,* in « Bullet. Soc. frib. des Sc. nat. Vol. VII. 1898 », p. 76.

[2] M. Musy : *loco citato.*

les journaux ont parlé, il y a quelques années, d'un squelette complet trouvé dans la Broye vaudoise, non loin de notre frontière.

Le *Cerf d'Europe (Cervus elaphus L.)* était certainement le gros gibier surpassant en nombre tous les autres. Les néolithiques utilisaient non seulement ses os et sa viande, mais aussi ses bois pour les emmenchures de leurs haches et pour des outils divers.

Ses restes se trouvent dans les palafittes de toutes les époques, mais leur nombre diminue cependant à mesure que ceux des animaux domestiques augmentent.

Le Cerf est du reste assez abondant pendant les siècles suivants, on le constate dans notre canton pendans les XV^{me} et XVI^{me} siècles et jusqu'à la fin du XVIII^{me} [1].

Ses ossements et ses bois abondent dans toutes nos stations néolithiques, de sorte que je crois inutile d'entrer dans plus de détails. Il ne se passe, en outre, presque pas une année sans qu'on en trouve des bois dans nos tourbières à Rosé, Lentigny, lac de Seedorf, Garmiswyl. Dans cette dernière localité, on a même trouvé un squelette presque complet (1920) au fond d'un ancien ruisseau signalé par un abondant dépôt de calcaire d'eau douce, blanc. Malheureusement, la récolte a été faite sans nous et ce n'est que trop tard que nous avons pu recueillir quelques ossements, à part les bois auxquels on avait seuls attribué de l'importance, ainsi qu'à ceux d'un second sujet que nous ne possédons pas.

Nous pensons qu'il n'est pas téméraire d'admettre

---

[1] M. Musy : *loco citato*, p. 64.

que notre cerf s'est enlisé dans le terrain tendre de la tourbière en allant boire dans le ruisseau signalé ?

Le *Chevreuil (Cervus capreolus)* est un peu plus fréquent que l'Elan mais beaucoup moins que le Cerf d'Europe. Il se rencontre dans tout le Néolithique, mais il est rarement cité à l'époque des métaux. Quoiqu'il appartienne encore à notre faune, il faut rappeler qu'il était très rare dans la première partie du XIX^me siècle et qu'il aurait certainement disparu si on ne l'eût réintroduit et protégé.

Les 20 et quelques ossements et bois que nous possédons proviennent d'Estavayer, de Greng et 2 ou 3 de Locras (lac de Bienne).

Faut-il citer ici deux autres ruminants, aujourd'hui habitants des Alpes, assez fréquents dans la Paléolithique mais qui pendant le Néolithique s'étaient déjà retirés dans les Alpes ?

Le *Bouquetin (Capra ibex L.)* n'a très probablement jamais habité les Préalpes fribourgeoises et notre ancien archiviste cantonal, M. Schneuwly, m'a affirmé ne l'avoir jamais vu citer dans aucun acte des Archives. En 1897, Girtanner en a signalé un reste trouvé à Greng dans les Mitteilungen de la Société des Sciences naturelles de Berne. Ce serait un fait extraordinaire et je me demande comment il aurait pu parvenir à Greng, même par un cours d'eau ! Ne serait-ce pas un reste d'une grande chèvre, ou simplement d'un cerf ?

Th. Studer a signalé également des restes de *Chamois (Rupicapra rupicapra L.)* dans le lac de Bienne, c'est possible, mais il est permis de se demander s'ils n'y ont pas été entraînés par les eaux courantes ? Il est certain, d'un autre côté qu'il devait habiter les Préalpes comme aujourd'hui.

Les *Carnivores* ont joué un rôle beaucoup moins grand que les herbivores comme gibier de chasse, pendant le Néolithique des palafittes et ils sont diversement représentés dans nos différentes stations.

L'*Ours brun (Ursus arctos L.)* paraît avoir été assez fréquent dans notre canton[1] jusque dans le XVII^me^ siècle, un sujet tué à Barberêche en 1698 semble avoir été le dernier.

Les restes en sont rares dans les palafittes. Nous possédons la mandibule d'un jeune et une canine de la station de Greng, puis un fragment de maxillaire trouvé dans les marais de Vuadens (Gruyère). Le crâne trouvé en 1911 par M. l'abbé Beaud dans une caverne située au pied du Vanil-Blanc (Chaîne Moléson-Dent de Lys) est probablement beaucoup plus récent.

Le *Blaireau (Meles taxus Boddaert)* est très rare, nous ne possédons qu'une mandibule gauche provenant d'Estavayer. Les Néolithiques, n'ayant pas à se défendre contre cet animal qui, du reste, est plutôt nocturne, ne le chassaient probablement pas ? On en trouve cependant des restes dans des stations terrestres, comme à Veyrier (Savoie), comme aussi dans les tourbières et d'autres palafittes[2].

La *Marte (Mustela martes L.)* est aussi rare. Notre collection ne possède qu'une mandibule gauche de la station de Greng. Il en est de même des autres *Mustelinae*, la fouine, le putois, la belette, dont nous ne possédons aucun ossement. L'état de conservation des restes trouvés par Rütimeyer lors des premières

---

[1] M. Musy : *loco citato*, p. 61.

[2] V. Fatio : *Faune des Vertébrés de la Suisse*, vol. I page 311.

recherches, font voir que ces carnassiers n'avaient pas servi à la nourriture de l'homme et étaient morts de mort naturelle.

Le *Loup (Canis lupus L.)*. Nous pouvons répéter ici ce que nous avons dit de l'*Ours* et nous savons que ce n'est qu'au commencement du XIX^me^ siècle que le loup a disparu de notre canton puisque le dernier connu a été tué sur les Monts-de-Riaz (Gruyère), le 18 avril 1837 alors que précédemment il abondait chez nous [1]. Notre musée possède ce sujet. Nous possédons deux mandibules gauches de la station d'Estavayer et une canine inférieure gauche de celle de Greng.

Le Renard (Canis vulpes L.), aujourd'hui encore abondant, est également rare dans les palafittes ; nous avons un fragment de crâne d'Estavayer et une mandibule droite de Greng.

Les Rongeurs : Le *Castor (Castor fiber L.)* a disparu de la Suisse dans le courant du XI^{me} ou du XII^{me} siècle. Il était en tout cas, mangé au couvent de St-Gall vers l'an 1000. Ses restes se trouvent dans presque toutes les palafittes sans être cependant abondants dans les stations de nos lacs. Nous possédons seulement deux mandibules (droite et gauche) de Greng et une mandibule droite de la *Bibera* (Bibernbach). Le nom de ce ruisseau qui sort des marais de Cormondes pour se jeter dans le lac de Morat, indique clairement qu'à une époque plus récente, il y existait tout au moins une colonie de cet intéressant rongeur.

Le *Lièvre (Lepus timidus L.)* est rare dans toutes les palafittes suisses. Ce qu'on a trouvé en prouve ce-

---

[1] M. Musy : *loco citato*, p. 73.

pendant l'existence et l'on peut se demander s'il n'était pas chassé ou si ses os ont été détruits par les chiens, de sorte que sa rareté ne serait qu'apparente (Th. Studer). Nous n'en possédons qu'un humérus incomplet. L'absence des petits rongeurs et des insectivores, comme le hérisson, ne prouve évidemment pas le manque de ces espèces à l'époque des palafittes, leur découverte dépend du hasard. On a trouvé toutefois l'écureuil et le hérisson à Wauwil (Lucerne).

On peut en dire autant des autres vertébrés, oiseaux, reptiles, amphibies, poissons (K. Heschler).

Notre collection du Musée ne possède aucun reste d'oiseau, mais, d'après Glur *(Mitteil. der naturf. Ges.* Bern, 1894), la station de Font (Lac de Neuchâtel) aurait fourni des restes de *Pélican (Pelecanus onocrotalus L.)*. Etait-ce une apparition accidentelle comme celle que signale V. Fatio [1] ou bien cet oiseau, inconnu aujourd'hui chez nous, était-il plus fréquent à cette époque ? Il habite aujourd'hui le S. et S.E. de l'Europe et le N. de l'Afrique. Il est juste d'ajouter que, dès 1861, Rütimeyer donnait une liste de 18 espèces d'oiseaux, 1 reptile, 2 amphibies et 9 poissons (d'après K. Heschler). Dans notre collection se trouvent 3 vertèbres de poisson de la station de Locras (lac de Bienne), l'espèce n'en est pas déterminée !

II. Animaux domestiques.

La domestication des animaux est une des bases

---

[1] V. Fatio : *Faune des Vertébrés de la Suisse*, vol. 2 (II), p. 1429 et suiv.

principales de toute notre civilisation et soulève des problèmes dont aucun n'est définitivement résolu [1].

J'ai cité précédemment les fouilles de P. Vouga à Port-Conty, près de St-Aubin (Lac de Neuchâtel) et nous savons que ces fouilles sont les seules qui jusqu'ici aient été faites d'une manière rationnelle dans le détail desquelles je ne veux pas entrer, renvoyant ceux que cette question peut intéresser au travail déjà cité [1]. et à celui de P. Vouga signalé à la page 1 [1] ci-dessus. On admet généralement que le *Chien* a été domestiqué en premier lieu et qu'il a été utile à l'homme dans le travail de domestication des autres espèces.

Conrad Keller [2], à la suite d'autres naturalistes, admet que tous nos animaux domestiques ont apparu en même temps et, d'après Pittard et Reverdin, ils paraissent arriver chez nous, non par suite d'apports successifs, mais en même temps que la première bande des migrateurs (Brachycéphales néolithiques ?) et par conséquent C. Keller paraît avoir raison d'admettre leur arrivée simultanée dans le vieux néolithique des palafittes de nos lacs.

D'après les fouilles de St-Aubin, nous pouvons admettre cinq espèces d'animaux domestiques dès le commencement du Néolithique et chacune aurait été représentée par une seule race ; nos compatriotes de la Suisse alémanique les ont caractérisées par le mot « Torf » ; « Torfhund », « Torfschwein », etc.

Le *Chien des tourbières (Canis familiaris palustris)*

---

[1] Eug. Pittard et Louis Reverdin : *A propos de la domestication des animaux pendant la période néolithique,* in « Arch. Suisses d'anthrop. gén. T. IV, n° 3, 1921 ».

[2] Conrad Keller : *Geschichte der Schweizerischen Haustierwelt,* Frauenfeld 1919.

était une petite race rappelant celle qu'on appelle aujourd'hui les « Spitz » ou Loulous actuels qui paraissent en descendre. Elle paraît avoir eu un domaine assez étendu. Je rappelle que Th. Studer a fait une étude spéciale des chiens des palafittes.

Les ossements retrouvés semblent indiquer que les chiens n'étaient pas très nombreux et ne servaient que rarement à la nourriture de l'homme.

On juge de l'utilisation culinaire d'un animal par l'état des os qu'on en retrouve (marques de désarticulation, usure, os longs fendus pour en extraire la moëlle, crânes brisés pour utiliser le cerveau, etc.).

Quoique les chiens n'abondent pas dans le Néolithique, nous en possédons cependant 17 échantillons divers dont 4 crânes ou parties de crânes. Un seul est complet et possède sa mandibule, il provient de Morat ; les autres sont de Greng, comme la plupart des autres ossements, à l'exception d'un cubitus et d'un métacarpien gauche qui sont de Locras. Aucun échantillon ne provient des stations du lac de Neuchâtel et cependant Pittard et Reverdin, le signalent à St-Aubin où ses restes, disent-ils, sont même plus nombreux que ceux du porc des tourbières.

Nous ne possédons aucun reste du chien provenant d'une station du Bronze et pendant le Néolithique il n'existe que le chien des tourbières, qui varie vers la fin de cette époque par le fait de l'élevage et on trouve une race plus petite (K. Heschler).

Enfin, à l'époque du bronze, qui ne nous occupe pas ici, on trouve deux autres races, l'une voisine du chien de berger actuel *(Canis familiaris matris optimae*, l'autre, *Canis familiaris intermedius)* (Aschenhund), que C. Keller considère comme le produit du croisement du chien des tourbières avec celui de l'époque du bronze. Ils ont été trouvés à la station de l'Alpenquai à Zurich par le Dr D. Viollier et étudiés par le professeur Wettstein. (K. Heschler).

Le *Porc des tourbières (Sus palustris Rütim.)* se distingue nettement du sanglier d'Europe par ses caractères ostéologiques. D'accord avec Rütimeyer et Th. Studer, C. Keller admet qu'il nous est venu de l'Orient déjà domestiqué et qu'il appartient au groupe asiatique du *Sanglier à bandes ou Sanglier rayé (Sus vittatus* Müll. et Schl.). Les restes du porc des tourbières sont très nombreux dans notre Néolithique lacustre. Nous possédons 61 numéros de différents os dont quelques dents isolées ; 24 proviennent d'Estavayer, 32 de Greng, 1 de Morat et 4 de Locras. Ces chiffres ne représentent qu'imparfaitement le nombre d'individus qui habitaient nos stations ; ils dépendent naturellement du soin de celui qui les a recueillis et j'ai tout lieu de croire que les ossements l'intéressaient moins que les produits de l'industrie humaine !

Nous possédons également le crâne d'un jeune sujet de la station romaine de Morens (Broye), dont il sera question plus loin. Enfin, une dizaine de numéros ont appartenu à de jeunes animaux : ils nous montrent que les Néolithiques ne dédaignaient pas le cochon de lait. C'est du reste l'opinion émise par Pittard et Reverdin dans le mémoire déjà cité, où ils disent que ce porc était mangé jeune et même très jeune.

La *Chèvre des tourbières (Capra hircus palustris)* était, dans le principe, passablement petite (K. Heschler) et dans les parties essentielles, elle s'est conservée dans nos chèvres actuelles.

D'après Pittard et Reverdin, elle n'aurait guère été consommée qu'à l'âge adulte, les chevreaux étaient rarement sacrifiés. Elle semble avoir été, comme aujourd'hui, la vache du pauvre.

Notre collection est pauvre en ossements de chèvre sûrement déterminés, je signale spécialement un crâne avec cornes, d'Estavayer, un fragment de crâne, avec corne, plus grande et une mandibule droite, de Greng, etc.

Est-ce à dire que la chèvre était très rare? Je ne le crois pas, mais la plupart des parties de son squelette se distinguent difficilement de celles du squelette du mouton ! Nous possédons en effet 23 échantillons qui n'ont pu être sûrement déterminés et qui figurent avec la mention *Ovis ou Capra !* Deux proviennent de Locras, 15 d'Estavayer et 6 de Greng ; deux mandibules gauches, d'Estavayer, et la base d'une corne de Locras ont appartenu à de jeunes animaux.

Le *Mouton des tourbières (Ovis aries palustris)* était une petite race à cornes, analogues à celles de la chèvre, dont les derniers survivants se sont conservés jusqu'à une époque récente dans l'Oberland grison.

Il était surtout sacrifié à l'âge adulte, mais il y a d'assez nombreuses exceptions (¼ d'après Pittard et Reverdin).

A part les ossements dont je viens de parler et qui ne sont pas distingués de ceux de la chèvre, nous en possédons une dizaine provenant principalement de Greng. Estavayer a fourni un crâne, très bien conservé et pourvu de sa mandibule ; il n'a pas de cornes ! Il a été déterminé *Ovis ?* Il est permis en effet d'avoir un doute et il est difficile d'identifier ce crâne intéressant, me semble-t-il, par l'absence de cornes, puisque la chèvre et le mouton des tourbières en avaient habituellement. C'est sans doute un phénomène accidentel.

Le *Bœuf des tourbières (Bos taurus brachyceros)* était une petite race qui est la souche de la race brune des Alpes. Rütimeyer n'admettait pas qu'elle descendit de l'aurochs dont elle est distinctement séparée dès le début du Néolithique et C. Keller en admet la parenté avec les zébus et avec la forme sauvage originelle du Bœuf Bateng *(Bos sondaicus* Schleg. et Müll.) de l'Asie orientale.

Il n'est donc pas téméraire de croire que le bœuf des tourbières nous est arrivé avec les Palafittiens des régions orientales ou sud-orientales.

L'unité du bétail bovin va en diminuant dans le Néolithique récent. Il est naturel de voir dans ce phénomène une conséquence de l'élevage qui allait en s'améliorant. D'un autre côté, au début du Néolithique, les restes d'animaux sauvages sont à peu près aussi nombreux que ceux qes animaux domestiques ou même étaient plus nombreux, mais ils vont peu à peu en diminuant pour laisser le pas aux animaux domestiques. La variation de ces derniers et le recul des espèces sauvages s'accentuent encore à l'époque des métaux.

Les ossements du bœuf des tourbières abondent dans nos palafittes, leur nombre dépasse 80 dans notre collection et $^1/_8$ appartient à de jeunes animaux. Les stations le mieux représentées sont celles d'Estavayer et Greng, les os sont sensiblement les mêmes dans les différentes palafittes et appartiennent aux différentes parties du squelette, les côtes sont rares.

Il faut signaler ici des ossements de cheval (Equus caballus) et de bœuf des tourbières trouvés près de l'ancien pont de la route Payerne-Morens (Broye fribourgeoise)[1]. Dans cette région marécageuse on a trouvé par 3 ou 4 m. de profondeur une sorte de pont formé de poutres en chêne fixées sur pilotis. Dans ce milieu, les ouvriers ont recueillis une cinquantaine de *bronzes romains*, la plupart plus ou moins frustes. Quelques-uns sont cependant reconnaissables. On y a trouvé également une hachette votive, différents restes de poterie romaine et des débris de tuiles. Ces derniers semblent indiquer que la construction a été abritée par un toit recouvert de tuiles.

Les monnaies datent l'ouvrage : il appartient à la fin du II^{me} siècle après Jésus-Christ.

Que faut-il penser du cheval et surtout du bœuf des tourbières (Bos brachyceros) qui ont été trouvés dans la couche de limon entre 3^{m}40 et 3^{m}80 de profondeur ? Sont-ils de l'époque romaine ? On pourrait ne pas le croire, puisque cette race de bœuf s'était déjà considérablement modifiée vers la fin du Néolithique, de sorte que les animaux domestiques ne sont plus chacun représenté par une race unique, grâce à l'élevage, et les races primitives ont été remplacées par d'autres en partie nouvelles (K. Heschler). Cependant, C. Keller admet que le bos brachyceros a encore existé à l'époque romaine. A Morens, c'est au-dessus de la couche de limon que se trouvaient les objets romains.

Enfin, nous possédons une cinquantaine d'échantillons de Locras, de Greng et surtout d'Estavayer attribués par L. Reverdin au genre Bos. Que faut-il

[1] Voir le résumé du rapport de M. le chanoine N. Peissard, archéologue cantonal, dans « 13 Jahresbericht der Schw. Ges. für für Urgeschichte 1921, p. 82. »

en penser? J'ai dit précédemment que l'unité du type bovin va en s'atténuant pendant le Néolithique; nous devons probablement ne voir ici que les variations du Bos brachyceros [1].

Il est vrai qu'on a signalé à Concise et à Chevroux (lac de Neuchâtel), à la fin du Néolithique et à l'époque du Bronze (la station d'Estavayer est de cette époque) une race nommée *Bos trochoceros* (Bœuf à cornes arrondies) [2], mais il faut ne pas oublier que les *guide-cornes* étaient inconnus à cette époque et que nos races actuelles présentent aussi ce caractère chez de vieux sujets qui n'ont pas subi l'influence de cet appareil ! Ne concluons donc pas trop vite avec Rütimeyer à l'existence d'une race spéciale basée sur ce caractère seul.

Pour terminer, signalons encore à Estavayer une corne et un crâne avec mandibule désignés comme ayant appartenu à *Bos taurus*, soit une espèce domestique plus grande que Bos brachyceros.

Je n'ai nullement la prétention de vous dire quelque chose de nouveau sur la faune des Palafittes suisses. J'ai utilisé ce qui a été dit par des naturalistes éminents pour vous montrer qu'elle était notre faune à l'époque néolithique dans nos lacs subjurassiques et j'espère avoir atteint mon but autant qu'il est possible de le faire actuellement.

Il serait sans doute très utile que de nouvelles fouilles soient faites d'une manière rationnelle dans toutes nos stations comme elles ont été faites à St-Aubin par P. Vouga.

---

[1] L. Reverdin *in litteris.*

[2] *Bos trochoceros du Diluvium d'Arezzo et de Sienne* de H. v. Meyer.

Séance du 22 mai 1924.

Présidence de M. le prof. D^r S. Bays.

M. le D^r Th. Musy : *L'Insuline dans le traitement du diabète sucré.*

L'auteur n'a pas livré son résumé.

Une discussion intéressante suivit cette communication, le D^r Treyer y prit spécialement part.

Séance du 12 juin 1924.

Présidence de M. le prof. D^r S. Bays.

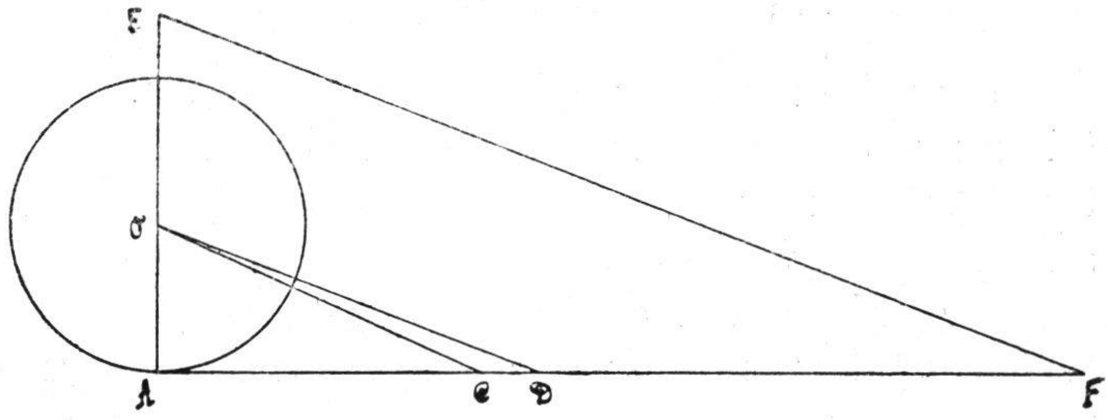
Communications diverses, par M. le D^r Bays, prof.

1. Sur la rectification de la circonférence,

On sait qu'il est impossible de *construire géométriquement* une droite de longueur égale à celle d'une circonférence donnée, autrement dit de *rectifier* une circonférence. Par contre, il est de nombreuses *rectifications* approximatives de la circonférence, donnant sa longueur avec une approximation plus ou moins grande. En voici une [1], très simple, peu connue, et donnant cette longueur avec une approximation telle que, pour une circonférence de 7000 km. de rayon (le rayon de la terre est de 6366 km.) l'erreur commise sur la longueur exacte n'atteint pas un mètre.

Soit OA le rayon d'une circonférence de centre O ;

[1] Donnée par Specht dans le *Journal de Crelle,* t. 3, p. 83.



on mène au point A une tangente AF et on prend sur cette droite les longueurs AC et AD respectivement égales aux $^{11}/_5$ et $^{13}/_5$ du rayon. On tire les droites OC et OD. On prend sur la droite AO, dans le sens AO, une longueur AE égale à OC. Enfin on mène par le point E une parallèle à OD jusqu'à son intersection F avec la tangente. La droite AF est, avec l'approximation indiquée, égale à la circonférence.

En effet, en prenant le rayon pour unité, la longueur de la circonférence doit être $2\pi = 2 \times 3{,}1415926...$ Or, on a, dans la construction faite :

$$OC = AE = \sqrt{1+\left(\frac{11}{5}\right)^2} = \frac{\sqrt{146}}{5} = \frac{12{,}08304...}{5.}$$

$$\frac{AF}{AE} = \frac{AD}{AO}, \text{ d'où } AF = AD \times AE = \frac{13}{5} \times \frac{12{,}08304...}{5} = 2 \times 3{,}1415919...$$

Ainsi, la différence de $\frac{1}{2}$ AF avec π n'atteint pas 0,0000007, ce qui est bien, pour une circonférence de 7 000 km. de rayon, l'approximation annoncée.

2. *Sur les nombres parfaits.*

On appelle nombre *parfait*, un nombre entier égal à la somme de ses diviseurs, ou, comme on disait autrefois, pour ne pas le compter lui-même, égal à la somme de ses parties aliquotes.

Ainsi 28 ; en effet : $1+2+4+7+14 = 28$.

La théorie des nombres parfaits impairs n'est pas complètement connue. Par contre, on sait que les nombres parfaits pairs sont donnés *sans exception* par la formule :

$$N = 2^{\alpha-1}\,(2^{\alpha}-1),$$

dans laquelle le second facteur (le facteur binôme) doit être un nombre *premier*.

Cette formule était déjà connue d'Euclide ; mais il n'était pas en état de démontrer que l'on obtient ainsi *tous* les nombres parfaits pairs.

Il est facile de prouver que, pour que $2^{\alpha}-1$ soit nombre premier, il faut que α lui-même soit nombre premier ; par contre α peut être premier sans que $2^{\alpha}-1$ le soit, et c'est une des questions que l'Arithmétique supérieure est encore impuissante à résoudre : dire pour quels exposants α premiers, $2^{\alpha}-1$ est nombre premier.

Les nombres parfaits pairs connus actuellement sont :

6,	pour	$\alpha = 2$	33.550.336,	pour	$\alpha = 13$
28,	»	$\alpha = 3$	8.589.869.056,	»	$\alpha = 17$
496,	»	$\alpha = 5$	137.438.691.328,	»	$\alpha = 19$
8128,	»	$\alpha = 7$	2.305.843.008.139.952.128,	»	$\alpha = 31$

Manquent, comme on le voit, les exposants premiers $\alpha = 11$, 23 et 29, qui ne donnent pas pour $2^{\alpha}-1$ un nombre premier.

On remarquera que ces nombres parfaits pairs sont tous terminés par 6 ou par 8. Il n'est pas difficile de prouver qu'il doit en être ainsi.

Dans la préface générale de ses *Cogitata physico-mathematica*, le P. Mersenne[1] affirme que jusqu'au nombre premier 257 inclus, *ce sont seuls ceux-ci*[2] :

$$\alpha = 2, 3, 5, 7, 13, 19, 31, 67, 127, 257.$$

qui donnent pour $2^\alpha - 1$ un nombre premier. Il résulterait de ce passage, que Mersenne devait être en possession d'une méthode pour déterminer si un grand nombre est premier ou composé d'une extrême puissance. Pour vérifier l'assertion de Mersenne seulement pour le dernier exposant (le nombre $2^{257}-1$ a 78 chiffres), on a calculé qu'il faudrait, par la méthode élémentaire des essais successifs de division par chacun des nombres premiers successifs, 2, 3, 5, 7,..., que l'humanité, formée de mille millions d'individus, calculât, simultanément et sans interruption, pendant un temps égal à un nombre de siècles représenté par un nombre de vingt chiffres.

Mais la méthode du P. Mersenne ne nous est pas parvenue. On a cherché depuis à vérifier son assertion. Edouard Lucas a établi ce théorème : *Si* $\alpha = 4q + 3$ et $2\alpha + 1$ *est un nombre premier, le nombre* $2^\alpha - 1$ *n'est pas premier ; il est divisible par* $2\alpha + 1$. Ainsi

[1] Savant religieux, mathématicien et physicien, contemporain, collaborateur et ami de Descartes, Fermat, Pascal, Roberval, Frenicle, etc. (1588-1648).

[2] Les nombres premiers de 1 à 257 sont : 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89, 97, 101, 103, 107, 109, 113, 127, 131, 137, 139, 149, 151, 157, 163, 167, 173, 179, 181, 191, 193, 197, 199, 211, 223, 227, 229, 233, 239, 241, 251, 257.

se trouvent exclus les exposants $\alpha = 11, 23, 83, 131, 179, 191, 239, 251$. Fermat avait trouvé pour le nombre $2^{37} - 1$ le diviseur 223. Plana a trouvé que le nombre $2^{41} - 1$ est divisible par 13.367. M. Landry a trouvé pour les nombres $2^\alpha - 1$ où $\alpha = 43, 47, 53, 59$ les diviseurs respectifs 431, 2351, 6361, 179.951. M. Le Lasseur a trouvé pour les nombres $2^\alpha - 1$ où :

$\alpha =$	73,	79,	97,	113,	151,	211,	223,	233
les div. resp.	439,	2687,	11447,	3391,	18121,	15193,	18287,	1399

M. Seelhof, a démontré que $2^{61} - 1$ est *premier*, ce qui infirme la proposition de Mersenne et donne le *neuvième* nombre parfait pair. Enfin M. Lasseur a vérifié que pour les 23 autres exposants restants encore, les nombres $2^\alpha - 1$ n'ont pas de diviseurs plus petits que 30 000.

Quoiqu'il en soit, la longueur des calculs et la difficulté d'établir à nouveau ces résultats, confirme dans l'opinion que Mersenne possédait une méthode très puissante de décomposition des grands nombres [1].

Dans une lettre de Fermat au P. Mersenne, datée de Toulouse, du 7 avril 1643, on trouve le passage suivant qui montre que Fermat possédait également une méthode analogue, rapide, de décomposition des grands nombres. Fermat écrit : « Vous me demandez si le nombre 100.895.598.169 est premier ou non, et une méthode pour découvrir, dans l'espace d'un jour, s'il est premier ou composé. A cette question, je réponds que ce nombre est *composé* et se fait du produit de ces deux : 898.423 et 112.303, qui sont *premiers*.

---

[1] Ed. Lucas pense avoir reconstitué en grande partie cette méthode. Voir *Récréations mathématiques par Ed. Lucas*, 1883, t. 2, note II, p. 230.

Je suis toujours, mon révérend Père, votre très humble et très affectionné serviteur. Fermat. »

Pour apprécier la valeur de ce résultat, il faut se dire qu'il n'existait alors que des tables peu étendues de nombre premiers, et en tout cas n'allant pas jusqu'à ces nombres premiers de six chiffres et que, aujourd'hui encore, il n'existe pas de méthode connue pour décomposer rapidement en facteurs premiers un nombre de douze chiffres.

Gauss, l'illustre mathématicien allemand du début du XIX^{me} siècle, dans le sixième chapitre de ses *Disquisitiones arithmeticae*, propose plusieurs méthodes pour distinguer les nombres premiers des nombres composés, et pour décomposer ceux-ci en leurs facteurs premiers. Il ajoute que c'est là l'un des problèmes les plus importants et les plus utiles de toute l'Arithmétique. Il prend, pour exemple, le nombre :

$$314.159.265,$$

qui se ramène immédiatement, en le divisant par 3^2, par 5 et par 7, au nombre de 6 chiffres $997.331 = 127 \times 7853$, décomposition que l'on trouve dans les tables de Burckardt. Les méthodes de Gauss seraient certainement impuissantes à résoudre la question proposée par Mersenne à Fermat.

3. Sur une proposition de Fermat concernant les nombres premiers.

Fermat [1] avait cru trouver, dans l'expression

[1] Né en 1595, mort en 1665. Avocat de valeur commune au Parlement de Toulouse, il fut par contre un des grands mathématiciens de son temps. D'après Lagrange et Laplace,

$2^{2^n} + 1$ une formule ne donnant que des nombres premiers. Il écrivait à Mersenne le 25 décembre 1640 : « Si je puis une fois tenir la raison fondamentale que :

$$3, 5, 17, 257, 65.537, \ldots$$

sont nombres premiers, il me semble que je trouverai de très belles choses en cette matière, car déjà j'ai trouvé des choses merveilleuses dont je vous ferai part. Mais je ne suis pas arrivé encore à exclure *tous les diviseurs...* »

Euler a montré que pour $n = 5$ déjà, la conjecture de Fermat était fausse, en trouvant que $2^{32} + 1$ est divisible par 641. Il a prouvé en se basant d'ailleurs sur un théorème de Fermat, le théorème suivant :

Les diviseurs premiers de $2^{4q} + 1$ *sont de la forme* $8\,h\,q + 1$. Il lui a suffi alors, pour reconnaître si $2^{32} + 1$ était premier ou composé, d'essayer les diviseurs : 193, 257, 449, 577, 641 et au cinquième il a trouvé $2^{32} + 1 = 641 \times 6.700.417$.

Ed. Lucas a démontré le théorème plus précis : *Les diviseurs premiers de* $2^{4q} + 1$ *sont de la forme* $16\,hq + 1$. Dans ce cas, le premier diviseur à essayer pour $2^{32} + 1$ eût été directement 641. Pour $2^{2^{12}} + 1$, le premier diviseur à essayer avec le théorème de Lucas est 114.689 et la division réussit en effet ; $2^{4096} + 1$ n'est pas un nombre premier. De même, pour $2^{2^{23}} + 1$, le premier diviseur à essayer est d'après Lucas 167.772.161, et M. Pervouchine, un pope du gouvernement

---

il doit être considéré comme le premier ou le véritable inventeur du calcul infinitésimal ; il a eu avec Pascal, l'idée du calcul des probabilités, et il a été incontestablement le créateur d'un domaine mathématique nouveau qui est aujourd'hui la Théorie des nombres.

de Perm, a fait cette division et trouvé que ce nombre $2^{8.388.608}+1$, qui a 2.525.223 chiffres, est encore un nombre composé.

Pour $n=6$ également, $2^{2^6}+1$ n'est pas un nombre premier ; $2^{64}+1 = 274.177 \times 67.280.421.310.721$ et le second facteur est un nombre premier (démontré par Landry et Le Lasseur).

Pour corriger la conjecture de Fermat, on a énoncé cette proposition :

Les nombres premiers qui sont égaux à une puissance de 2 *plus* 1 *sont et uniquement ceux-ci :*

$$2+1,\ 2^2+1,\ 2^{2^2}+1,\ 2^{2^{2^2}}+1, \dots$$

D'autre part Eisenstein a énoncé ce théorème : *Il y a une infinité de nombres premiers de la forme* $2^{2^n}+1$. On ne connaît actuellement aucune démonstration de ces deux propositions encore inaccessibles.