

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 28 (1924-1926)

Vereinsnachrichten: Procès-verbaux des séances 1924 - 1925

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Procès-verbaux des séances

1924-1925

Séance du 6 novembre 1924.

M. HUBERT SAVOY, recteur du collège Saint-Michel :
La création d'après la Bible.

Le récit biblique de la création et la géologie.

Il est peu de questions qui aient été plus souvent traitées et reprises, depuis trois quarts de siècle, que celle du récit biblique de la création (Genèse I-II) et de la cosmogonie, telle que la conçoivent les géologues.

Nous avons constaté ¹, l'année dernière, en étudiant les phases et les incidents de la bataille de Béthoron, livrée par Josué contre les rois coalisés de Canaan ², combien il importe de fixer d'abord le sens précis d'un texte, avant d'en faire la base d'une confrontation avec une théorie scientifique. Négliger cette indispensable précaution, c'est se jeter dans les hypothèses aventureuses et s'exposer de gaîté de cœur à faire fausse route.

C'est une étude semblable que nous voudrions tenter ce soir sur les deux premiers chapitres de la Genèse. Nous n'aurons pas à présenter, comme l'an passé,

¹ *Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles* 1924, 17 janvier.

² Josué, X, 6-15.

une solution nouvelle, mais nous arriverons, je l'espère, à une intelligence meilleure des données bibliques et de la manière dont on peut et dont on doit comparer la cosmogonie mosaïque et les données actuelles de la géologie.

* * *

Les multiples théories, émises depuis trois quarts de siècle sur la question présente, peuvent se ramener à quatre systèmes¹.

a) Plusieurs, particulièrement parmi les anciens, sans chercher à pénétrer cette question, ont admis que le monde avait été créé dans le court espace de *six fois vingt-quatre heures* et dans l'ordre présenté au premier chapitre de la Genèse. Les études de la géologie et de la paléontologie ont fait abandonner ce système.

Parmi les partisans de cette théorie, il s'en est rencontré qui croyaient pouvoir attribuer au déluge les révolutions que l'on constate sur le globe. Mais le déluge, tel que le présente la Bible, ne saurait avoir eu de telles conséquences.

b) *La théorie idéaliste* abandonne le caractère historique du récit ; les divisions cosmogoniques de la Bible et leur durée n'ont d'autre but que de permettre aux hommes de mieux saisir l'œuvre du Créateur. Les six jours marquent *six actes*, suivis du repos divin, et sont le *prototype de la semaine*. Cette explication, bien qu'incomplète, a plus d'un élément qu'il faut retenir.

On le fait justement remarquer, le récit biblique

¹ Voir *Le récit de la création dans la Genèse*, par V. Zapletal. Veith, Fribourg, 1902, in-8°.

est écrit en poésie ; on n'exige pas d'un chant poétique la description froide et sèche de l'origine du monde, à la manière d'un tableau synoptique des terrains primaires et des couches successives, secondaires, tertiaires et quaternaires. W. Clifford, en 1881, dans le *Dublin Review*, n'a voulu voir dans le premier chapitre de la Genèse qu'un hymne célébrant l'institution de la semaine, plus encore que la création.

J. H. Kurz et, après lui, le P. Hummelauer S. J., dans son *Der biblische Schöpfungsbericht* pense que Moïse n'a pu parler de la création, à laquelle il n'avait pas été présent, sans en avoir reçu une révélation spéciale ; il suppose que l'œuvre du Créateur lui a été présentée dans une *série de visions* qu'il a rapportées et placées dans le cadre de la semaine.

c) Dans la seconde moitié du siècle dernier, *le concordisme* ou *le périodisme* a semblé un moment devoir rallier presque tous les suffrages et a joui d'une sympathie générale ; il voyait dans les six jours de la création *six longues périodes* répondant aux époques cosmogoniques. Mais, cette hypothèse s'est heurtée à des difficultés insolubles : comment expliquer la création de la lumière avant celle des astres, l'apparition des plantes le troisième jour et celle des animaux le sixième jour seulement ? Il n'est pas du tout certain, comme on l'a affirmé, que le mot hébreu *yôm*, jour, puisse désigner une longue période. Ne serait-il pas étrange que la création ait été révélée à Moïse, quinze siècles avant Jésus-Christ, dans un ordre que la géologie ne devait découvrir que trente trois siècles plus tard ! Aussi, la théorie du concordisme ne compte-t-elle plus beaucoup de partisans.

d) Les grandes découvertes faites sur les bords du

Tigre et de l'Euphrate, comme sur les rives du Nil, ont fixé l'attention sur les *traditions des anciens Babyloniens et des Egyptiens*. Il s'est trouvé des exégètes prompts à ne reconnaître autre chose, dans les premiers chapitres de la Genèse, que des mythes, des narrations toutes fantaisistes. Leur sentiment est loin de la vérité.

Avant d'essayer de pénétrer la pensée de l'auteur sacré, écoutons attentivement son récit :

1^{er} jour. — Au commencement Dieu créa les (deux) cieux ¹ et la terre ; et la terre était *tohu-bohu* (déserte et aride) ; des ténèbres étaient à la surface de l'abîme (des flots), et un souffle divin (un grand vent) passait sur les eaux.

Et Dieu dit: « qu'il y ait de la lumière ! » et il y eut de la lumière.

Et Dieu vit que la lumière était bonne ;
Dieu sépara la lumière des ténèbres,
et Dieu cria à la lumière : *jour* !
et aux ténèbres Il cria : *nuit* !
et il fut jour et il fut matin : *premier jour*.

2^e jour. — *Et Dieu dit*: « qu'il y ait un firmament au milieu des eaux ! »

et il se fit une division entre les eaux et les eaux ;
Dieu fit le firmament
et Il divisa entre les eaux qui sont sous le firmament et entre les eaux qui sont sur le firmament,
et ce fut ainsi.

Dieu cria au firmament : *cieux* !
et il fut soir et il fut matin : *deuxième jour*.

3^e jour. — *Et Dieu dit*: « qu'elles se rassemblent les eaux qui sont sous les cieux, en un lieu unique, et qu'apparaisse la terre desséchée ! »
et ce fut ainsi.

¹ *Schamaim*, en hébreu est un duel.

Et Dieu cria à la terre desséchée : *terre* !
et à la réunion des eaux Il cria : *mer* !
et Dieu vit que c'était bien.

Et Dieu dit : « Que la terre gazonne d'un gazon d'herbe qui donne sa graine ; qu'il y ait des arbres fruitiers qui ont en eux leur semence, chacun selon son espèce, sur la terre », et ce fut ainsi.

Et la terre gazonna d'un gazon d'herbe donnant sa semence selon son espèce,
et il y eut des arbres fruitiers qui ont en eux leur semence, selon leur espèce,
et Dieu vit que c'était bien.

Et il fut soir, et il fut matin : *troisième jour*.

4^e jour. — *Et Dieu dit* : « Qu'il y ait des luminaires au firmament des cieux ; qu'ils séparent entre le jour et la nuit et qu'ils servent de signes, de néoménies, de jours et d'années¹ ! »

Et il y eut des luminaires au firmament des cieux pour éclairer la terre et ce fut ainsi.

Et Dieu fit les deux grands luminaires ; le grand luminaire pour présider au jour, le petit luminaire pour présider à la nuit et les étoiles ;

Dieu les plaça au firmament des cieux pour qu'ils éclairent la terre et président au jour et à la nuit, qu'ils servent de séparation entre la lumière et les ténèbres ;
et Dieu vit que c'était bien ;
et il fut soir et il fut matin : *quatrième jour*.

¹ *Signes et néoménies*, ou semaines et mois, marquent les divisions religieuses, — *jours et années* désignent la division civile.

5^e jour. — *Et Dieu dit* : « Que les eaux fourmillent d'un fourmillement d'êtres vivants et que des êtres ailés volent sur la terre, sous le firmament des cieux ! » Et Dieu créa les grands animaux marins, tous les êtres vivants dont fourmillent les eaux selon leurs espèces et tous les animaux ailés selon leurs espèces et Dieu vit que c'était bien.

Dieu les bénit et leur dit : « Soyez féconds, multipliez-vous et remplissez les eaux dans les mers ; et que les oiseaux se multiplient sur la terre ».

Et il fut soir et il fut matin : *cinquième jour*.

6^e jour. — *Et Dieu dit* : « Que la terre produise des êtres vivants selon leur espèce : bétail, reptiles, bête des champs, selon leur espèce, » et il en fut ainsi : le bétail selon son espèce et les reptiles de la terre selon leurs [espèces ; et Dieu vit que c'était bien.

Et Dieu dit : « Faisons des hommes ¹ à notre image et à notre ressemblance ; qu'ils dominent sur les poissons de la mer et les oiseaux des cieux, sur le bétail, sur toute la terre et sur tous les reptiles qui rampent sur la terre.

Dieu créa les hommes selon son image, c'est à l'image de Dieu qu'Il les créa.

¹ L'emploi du collectif et le verbe au pluriel demandent que l'on traduise « des hommes » et non *l'homme*.

Dieu les bénit et leur dit :

Soyez féconds, multipliez-vous, remplissez la terre, assujettissez-la et dominez sur les poissons des mers, sur les oiseaux des cieux et sur tous les êtres qui rampent sur la terre ! »

Et Dieu dit : « Voici que je vous donne toute herbe qui porte semence sur toute la surface de la terre et tous les arbres qui ont des fruits contenant des graines ; ils vous serviront de nourriture.

A toutes les bêtes des champs, à tous les oiseaux des cieux et à tous les reptiles de la terre qui ont la vie je donne toute verdure de plante pour nourriture et ce fut ainsi.

Et Dieu vit tout ce qu'Il avait fait et voici que c'était très bien.

Et il fut soir et il fut matin : *sixième jour.*

7^e jour. — Ainsi furent achevés les cieux, la terre et toutes leurs armées. Dieu termina le sixième jour l'œuvre qu'il avait faite et il se reposa le septième jour de toute l'œuvre qu'il avait accomplie.

Dieu bénit le *septième jour* et le sanctifia, parce qu'en ce jour-là Il s'était reposé de toute l'œuvre qu'Il avait créée et accomplie.

Telle est l'histoire des cieux et de la terre, lorsqu'ils furent créés.

La lecture du récit biblique suggère quelques remarques : *a)* l'auteur inspiré décrit l'origine du monde dans le but de montrer que Dieu est l'auteur de tous les êtres. A cette fin, il divise l'œuvre créatrice de manière à présenter deux séries parallèles de faits : les trois premiers jours, Dieu prépare les vastes champs de son activité toute puissante ; les trois derniers jours, il y place les êtres qui leur sont destinés :

1^{er} jour : Dieu sépare la lumière des ténèbres.

2^e jour : Dieu établit le firmament qui divise les eaux supérieures des eaux inférieures.

3^e jour : Dieu sépare la terre des eaux et produit les plantes.

4^e jour : Dieu place les astres dans l'immensité des cieux.

5^e jour : Dieu crée tous les êtres qui sont dans les eaux et les reptiles.

6^e jour : Dieu crée les êtres qui sont sur la terre et met à leur tête l'homme.

Nous avons ainsi quatre champs d'action et quatre armées :

le ciel supérieur et l'armée des astres ;

le ciel inférieur et l'armée des oiseaux ;

la mer et l'armée des poissons ;

la terre et l'armée des êtres qui la peuplent.

b) Ces huit actions divines sont concentrées et groupées sur six jours, alors que nous en attendons huit. C'est apparemment que l'auteur sacré a voulu montrer dans l'œuvre de Dieu le prototype de la semaine, inculquer fortement le principe de l'observation du sabbat.

c) Il note au septième jour : « Ainsi furent achevés les cieux et leurs armées. » Les théologiens du moyen-âge distinguaient déjà, dans la cosmogonie de la Genèse, *l'opus distinctionis* et *l'opus ornatus*, l'œuvre de la division et celle de l'ornementation. Nous disons maintenant les champs d'action et leurs armées.

d) Lorsque l'auteur parle des cieux supérieurs et des cieux inférieurs, quand il distingue les astres, les êtres animés du ciel, des mers et de la terre, il semble bien suivre des distinctions généralement admises

de son temps et parfaitement légitimes, pourvu que l'on ne prétende pas que son intention soit d'écrire un traité d'astronomie, de géologie ou de zoologie.

e) Dès lors, il paraît certain que les divisions, proposées au premier chapitre de la Genèse, sont des *divisions logiques*, bien plus que géologiques ou strictement historiques.

f) Nous sommes donc autorisés à conclure que le récit biblique et la géologie ne traitent pas la question de la création de la même manière, au même point de vue. Etablir le parallélisme des deux cosmogonies, c'est accepter, sans autre, que la Genèse a en vue un ordre chronologique strict des origines. Rien n'est moins certain.

g) Tous ceux qui se sont laissés entraîner à faire du concordisme ou du périodisme ont fait fausse route. Ils ne doivent l'imputer qu'à leur propre erreur et non au texte biblique.

h) Laissons les exégètes appliquer les règles de la critique biblique et de l'herméneutique, les géologues rechercher l'histoire de la formation de la terre. La géologie ne peut pas plus solliciter le texte sacré, que l'exégète ne saurait imposer aux géologues des conclusions qui ne découlent pas légitimement du texte.

Deux grands faits confirment cette conclusion, ce sont le récit du deuxième chapitre (4^b-25) de la Genèse et les traditions des origines que nous retrouvons chez les peuples sémites et chez les Egyptiens.

Voici le récit que nous lisons au second chapitre de la Genèse :

Lorsque Jahveh le Seigneur fit une terre et (deux) cieux,
l'épine des champs n'était pas encore sur la terre
et l'herbe des champs n'avait pas encore poussé,

parce que Jahveh le Seigneur n'avait pas fait pleuvoir sur
[la terre.

et qu'il n'y avait pas d'hommes pour labourer le sol.

Voici qu'un nuage monte de la terre
et arrose toute la surface du sol.

Puis Dieu forma l'homme de la poussière tirée du sol,
Il souffla dans ses narines un souffle de vie
et l'homme devint un être vivant.

Jahveh le Seigneur planta un jardin, en Eden, à l'Orient,
et Il y plaça l'homme qu'Il avait formé ;
Jahveh le Seigneur fit pousser du sol tous les arbres

[agréables à la vue et bons à manger ;
l'arbre de vie était au milieu du jardin,
et l'arbre de la connaissance du bien et du mal...

Nous retrouvons ici encore un ordre logique, mais combien autre que celui constaté au premier chapitre. Les différences de style et de composition sont telles que nous pouvons aisément distinguer les deux documents. Ils s'accordent parfaitement sur la question principale ; c'est Dieu qui a tout créé. La première narration fait intervenir des ordres divins : *Et Dieu dit*, qui sont aussitôt exécutés ; le second préfère les anthropomorphismes et fait agir Dieu à la manière d'un homme. Dieu forme le premier homme, comme le potier qui travaille l'argile sur son tour, et lui donne la vie. C'est ainsi que nous voyons représentée la création de l'homme sur les monuments d'Egypte où Ammon-Râ donne l'*ankh*, symbole de la vie, à l'homme et à la femme dont il vient de modeler le corps.

L'auteur sacré a parfaitement saisi comment les deux traditions s'accordent à attribuer à Dieu toute la création ; il a vu dans le second récit une description plus complète et un exposé plus populaire de l'origine de l'homme. Il n'a pas hésité à faire entrer les deux narrations, les deux traditions, dans son texte, il ne

s'est pas laissé arrêter par les antinomies ; c'est qu'il n'y a pas en réalité d'antinomie au point de vue religieux. Les deux ordres présentés sont légitimes ; tous deux sont logiques et non strictement historiques, moins encore géologiques.

Le premier chapitre de la Genèse nous donne un récit des origines, épuré de toute erreur religieuse, tel que peut aisément le comprendre un homme habitué à vivre et à observer à proximité de la mer. La deuxième narration fait plutôt penser au bédouin du désert qui n'a jamais vu la mer, mais dont l'œil perçant scrute l'horizon et découvre le nuage qui monte rapide, s'ouvre, de ses ondées abondantes arrose la terre longtemps desséchée et renouvelle l'oasis, le jardin où l'homme travaille à la sueur de son front.

Le deuxième récit plus simple, plus populaire, semble emprunté à une tradition notablement plus ancienne que celle que nous trouvons au premier chapitre de la Genèse, si admirablement ordonnée par la distinction des quatre champs d'action et des quatre armées qui les peuplent.

Dès 1872, Georges Smith retrouva à Ninive, dans la bibliothèque d'Assourbanipal, des copies écrites vers 660 avant Jésus-Christ ; plus tard les tablettes originales ont été découvertes à Borsippa, à Sippara et à Kutha. Cinq tablettes, malheureusement incomplètes, rapportent les œuvres de la création. La première tablette s'ouvre par ces mots qui rappellent le commencement de la Genèse :

Au temps où les cieux en haut n'avaient pas de nom,
en bas sur la terre rien n'était nommé ;
le premier né l'océan (thiamat) fut leur générateur...

Selon la cosmogonie babylonienne, l'ordre de l'apparition des êtres est le suivant : 1. les étoiles, 2. les signes du zodiaque, 3. les quatre saisons, 5. la nuit, 6. le mois, 7. le jour et le soleil. Le document babylonien nous révèle le travail d'un peuple astronome de la basse Chaldée qui fait des étoiles, des astres de la nuit, les premiers mesureurs du temps.

Moïse a pu connaître les traditions des Babyloniens, car Abraham était venu de Chaldée cinq à six siècles auparavant ; au temps de Moïse les relations étaient constantes entre Babylone et l'Egypte ; la langue diplomatique était alors le babylonien, écrit en caractères cunéiformes, comme le prouvent les tablettes de Tell Amarna, retrouvées en 1887.

Ce qui distingue le récit de Moïse des traditions de la Chaldée et lui assure une place unique, absolument à part, c'est l'enseignement religieux ; la Genèse nous montre un Dieu unique, créateur et ordonnateur du monde. Le tableau de l'action divine est magnifique. La vérité s'en dégage sans mélange. Cela doit nous suffire. Il n'y a pas à chercher dans la Bible l'histoire géologique du monde.

Séance du 21 novembre 1924.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

M. le Dr EDM. BRASEY : *Aperçu sur la Colombie.*
Le manuscrit n'a pas été livré.

Séance du 20 décembre 1924.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

M. le Dr PAUL GERBER, prof. au Technicum : *Le repérage par les lueurs et le repérage par le son.*

Pendant la dernière guerre le service de repérage, a joué un rôle important.

D'après un article de l'*Illustration* du 16 février 1924, c'est un brigadier Nordmann de l'artillerie française qui, le premier, eut l'idée de faire du repérage par le son. Nordmann qui est astronome de l'observatoire de Paris, repérait le 17 novembre 1914 une batterie d'essai tirant à blanc près de Paris, et ayant obtenu de bons résultats, fut chargé d'organiser le service de repérage sur le front. Trois semaines plus tard, le 8 décembre 1914, il réussit déjà à repérer la première batterie ennemie sur le front de Soissons.

M. l'abbé Rousselot, professeur au Collège de France mort dernièrement, en décembre 1924, créateur de la Phonétique expérimentale, contribua beaucoup au développement scientifique du repérage par le son. Il a trouvé, en septembre 1915, un procédé indiquant exactement par le son, l'emplacement et le calibre des pièces. Grâce à ses recherches, on est arrivé à distinguer : l'onde de bouche (ou onde de départ), l'onde de choc (dans la trajectoire) et l'onde d'éclatement (ou de chute).

Dans l'armée suisse on s'est occupé de la chose depuis 1917, et depuis 1922, on forme régulièrement des recrues pour ce service. Vu les conditions topographiques spéciales de notre pays (plaines, collines, hautes

montagnes) on fait chez nous du repérage par les lueurs et du repérage par le son.

Outre le service de renseignements général attaché à l'Etat-Major de notre armée, il a été créé un service de renseignements spécial d'artillerie pour chaque brigade d'artillerie. Ce service réunit et étudie toutes les observations et renseignements intéressant spécialement l'artillerie. Au service de renseignements d'artillerie est adjointe une compagnie de repérage qui fait les repérages par les lueurs et par le son.

Dans l'appréciation des méthodes, instruments, précision des résultats, etc., il ne faut pas perdre de vue, que les observations doivent se faire en présence de l'ennemi, qu'il faut pouvoir travailler par n'importe quel temps, le jour et la nuit, pendant les brouillards même et qu'il est souvent plus important d'obtenir des résultats très rapides que très exacts, quitte à les vérifier plus tard par des méthodes plus précises, si le temps le permet.

Le recrutement de la troupe est fait d'une façon appropriée. On prend de préférence des ingénieurs, des géomètres, physiciens, chimistes, techniciens, électriciens, installateurs, dessinateurs, photographes, etc... Vu les écoles de recrues relativement courtes en Suisse, il est indispensable d'avoir à disposition des hommes bien choisis pour ce service.

La compagnie dispose d'un matériel considérable et divers, à savoir: théodolites, sitomètres, boussoles de marche, baromètres anéroïdes, lattes stadiométriques, télémètres, appareils pour stéréophotogrammétrie, stéréocomparateur, microphones pour le repérage par le son, chronographes, chronoscopes, oscillosgraphes, appareils pour le service météorologique : ané-

momètres, tachymètres, thermomètres, psychromètres, ballons de sonde ; appareils de téléphone, cables, centrales mobiles pour le repérage par le son et par les lueurs, moteur à benzine avec dynamo pour l'oscillographe et l'éclairage des centrales et bureaux, caisses de bureaux, collections de cartes et plans, listes des coordonnées et altitudes des points trigonométriques, etc., etc. Le transport de tout ce matériel se fait par camions.

Il est impossible d'exposer ici complètement, en quelques lignes, sans figures ni cartes, le repérage par les lueurs et par le son. La première chose à faire est la fixation des points d'observation. On utilisera, comme bases, les cartes, les plans cadastraux et les points trigonométriques. La triangulation de la Suisse, ainsi que le cadastre, s'appuient sur un système de coordonnées planes rectangulaires dont l'origine est donnée par l'ancien centre méridien de l'observatoire de Berne.

Les abscisses sont positives au Nord, négatives au Sud ; les ordonnées positives à l'Est, négatives à l'Ouest. Les azimuts sont comptés à partir du Nord, pris comme origine dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre. La surface de comparaison pour les hauteurs est le niveau moyen de la mer dans le port de Marseille, ce qui donne la cote 373,6 m. (nouvelle cote), pour l'altitude la Pierre du Niton à Genève (soit la plaque en bronze scellée sur le sommet de la pierre par le général Dufour en 1820). Les coordonnées et altitudes de tous les points trigonométriques sont calculées à un centimètre près.

Pour les besoins de l'armée, il a été introduit un autre système de coordonnées dont l'origine se trouve

en dehors de la Suisse. Dans ce système Berne a l'ordonnée + 600 km. et l'abscisse + 200 km. Ce système a l'avantage que toute la Suisse se trouve dans le même quadrant et que, par conséquent, y et x sont toujours positifs. Le passage du système civil (triangulation et cadastre) au système militaire (cartes) est facile à faire. Dans le système militaire on a maintenu l'ancienne cote de la Pierre du Niton, à Genève, soit 376,86 m., qui est de 3,26 m. plus élevée que la nouvelle cote utilisée par la triangulation et le cadastre.

Vu que toutes nos cartes militaires au 1 : 250 000, 1 : 100 000, 1 : 50 000, 1 : 25 000, etc., sont basées sur l'ancienne cote de la Pierre du Niton, on n'a pas changé le niveau de comparaison comme on aurait dû le faire. Il faut donc, chaque fois, ajouter une correction de 3,26 m. lorsque l'on met en relation une cote tirée du cadastre, de la triangulation ou du niveling de précision, avec les cotes des cartes militaires.

Les observations nécessaires pour la fixation des postes d'observations se font au théodolite, au sitomètre ou tachéomètre. La situation des postes doit être calculée au mètre près. La détermination des coordonnées se fait ou par une construction graphique ou par le calcul : $\Delta y = d \sin z$; $\Delta x = d \cdot \cos z$; d = distance horizontale, z = azimut. La méthode la plus souvent employée est le relèvement ou pothenot graphique.

La détermination des hauteurs des postes d'observation se fait par le calcul, d'après la formule :

$$\Delta h = d \cdot \operatorname{tg} \alpha + (J - S) + (E - R)$$

Δh = différence de niveau,

d = distance horizontale,

α = angle de hauteur mesuré au théodolite,
J = hauteur de l'instrument au-dessus du terrain,
S = hauteur du point visé au-dessus du terrain (signal),

(E-R) = correction pour sphéricité et réfraction, la correction (E-R) fait déjà environ 7 cm. pour 1 km. de distance, 7 mètres pour 10 km. (croit prop. au carré de la distance).

Pour obtenir des résultats absolument exacts, il faut introduire comme distance d la distance déduite des coordonnées, allongée par suite de l'altitude et raccourcie par suite de la déformation due à la projection (projection autogonale cylindrique à axe oblique).

Le repérage des pièces ennemis se fait de différentes manières, selon que l'on dispose de un ou de plusieurs postes d'observations et selon la possibilité, que l'on a d'observer la lueur ou d'entendre l'onde de bouche. La méthode employée de préférence est le repérage par les lueurs. On repère la lueur de la pièce depuis plusieurs stations au moyen de théodolites, en *mesurant l'azimut* et l'angle vertical. Les coordonnées de la pièce peuvent être calculées directement par des triangles ou déterminées graphiquement par intersection, en opérant sur un plan à grande échelle, au 1 : 10 000 par exemple. Aussitôt les coordonnées calculées, on pourra trouver la hauteur au moyen de la formule $\Delta h = d \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

Une autre méthode consiste à *calculer les distances* depuis plusieurs stations jusqu'à la pièce, soit au moyen de télémètres, de la stéréophotogrammétrie ou de la vitesse du son.

La différence de temps entre la lueur et le son,

multipliée par la vitesse du son (340 m. par seconde) donne la distance. Le point cherché sera déterminé par recouplement d'arcs de cercles. Cette dernière méthode, qui paraît très simple, donne rarement de bons résultats, vu la grande difficulté de mesurer assez exactement la différence « lueur-son ». Une erreur de $\frac{1}{10}$ seconde correspond déjà à une erreur dans la distance de $\frac{1}{10} \cdot 340 = 34$ m.

La méthode employée généralement dans le repérage par le son consiste à déterminer le point cherché par intersection d'hyperboles. En observant la différence de temps entre l'arrivée de l'onde de bouche aux différents postes d'observation, on peut calculer les différences en distances. Ces observations se font au chronoscope, ou plus exactement au moyen de microphones reliés par des câbles avec un oscilloscophe qui enregistre sur un film l'arrivée des ondes aux différents postes.

Sur le film on pourra donc lire très exactement les différences de temps entre l'arrivée des ondes de bouche de la pièce à repérer. Supposons une vitesse du son de 340 m. par seconde et une différence de temps observée sur le film de $\Delta t''$ entre deux postes A et B. La différence de distance du point cherché (la pièce) aux deux postes A et B sera de $\Delta t \cdot 340$ m. Le point cherché se trouve donc sur une hyperbole construite sur la base A B, A et B étant pris comme foyers et pour laquelle $r_1 - r_2 = 2a = \Delta t \cdot 340$ m.

Si l'on travaille avec plusieurs postes d'observation, (microphones) on pourra construire plusieurs hyperboles. Le point d'intersection sera le point cherché (la pièce ou le lieu de la détonation). Les coordonnées

du point d'intersection des hyperboles peuvent être calculées au moyen des équations de ces courbes. Généralement, on utilise plutôt des procédés graphiques qui donnent le résultat plus rapidement.

Vu que les distances aux points à repérer sont généralement grandes relativement à la base, on peut, dans une première approximation remplacer les hyperboles par leurs asymptotes. On trouve ainsi rapidement un point très rapproché en cherchant l'intersection des asymptotes. L'angle β qu'enferme l'asymptote avec la normale au milieu de la base A B se calcule facilement :

$$\sin \beta = \frac{2a}{2f} = \frac{4t \cdot 340}{\text{base}} ; (r_1 - r_2 = 2a = 4t \cdot 340 \text{ m.})$$

La vitesse du son varie suivant la température, le vent et l'humidité de l'air.

vitesse du son à -10° Celsius = 326 m. par seconde,

» 0° » = 332 m. »

» $+10^\circ$ » = 338 m. »

» $+20^\circ$ » = 344 m. »

Un changement de la température de 1° correspond donc à un changement de la vitesse de 0,6 m.

Pour obtenir de bons résultats, il faut donc organiser un service météorologique et mesurer la température de l'air, la direction et l'intensité du vent et l'humidité de l'air. L'influence du vent est surtout très grande et difficile à calculer exactement. On comprend que cela représente des causes d'erreurs qui diminuent la précision des résultats. La lecture des films présente également des difficultés parce que tous les bruits sont enregistrés. C'est un art de lire les films ! Il sera souvent très difficile de distinguer nettement l'onde de bouche, l'onde de choc et l'écla-

tement du projectile de la pièce à repérer, surtout si l'ennemi tire avec plusieurs batteries ensemble.

Le repérage par le son a l'avantage qu'il peut être employé partout, le jour, et la nuit, en temps de brouillard, dans une région couverte de forêts, etc. Mais il est moins exact que le repérage par les lueurs et ne peut être employé avec sûreté si le vent est trop fort. Le repérage par les lueurs, par contre, peut donner de très bons résultats, mais nous ne pouvons l'employer dans le brouillard et dans une région complètement couverte de forêts. Les résultats obtenus la nuit sont aussi exacts ou même plus exacts que ceux du jour. Comme je l'ai dit au commencement, nous faisons en Suisse du repérage par les lueurs et du repérage par le son, repérages qui se complètent avantageusement l'un l'autre dans notre pays.

La place me manque pour décrire, dans le cadre de ce petit résumé, le travail des postes d'observations et de la centrale, ainsi que les différents procédés employés pour repérer les batteries ennemis et leurs calibres : observations individuelles des postes, observation principale, réglage du tir de notre artillerie, repérage de buts mobiles, ballons de sonde, etc. Il faudrait aussi parler du travail de la compagnie de repérage en service de campagne : en marche, dans le combat de rencontre, dans la stabilisation.

J'ai eu l'occasion de faire, comme chef de compagnie, un premier cours de répétition avec cette troupe en automne 1924. C'était une compagnie formée d'éléments appartenant aux 6 brigades d'artillerie ! Si l'on considère le matériel encore incomplet mis à notre disposition et le fait que les unités ne sont pas encore organisées définitivement, on peut considérer

les résultats obtenus déjà comme satisfaisants. Tout n'est pas encore parfait ; « l'arme » est encore nouvelle et jeune, mais les hommes s'intéressent beaucoup à ce service. Je suis persuadé que si l'on nous donne encore tout le matériel technique nécessaire (station-radio par exemple), nous pourrons rendre de bons services à notre armée !

2. Dr M. Musy : *La Loche franche (Nemachilus barbatulus L.)*. Ce petit poisson qui n'intéresse pas les pêcheurs ordinaires, a déjà été signalé dans la Sarine en 1889 par feu Joseph Vonderweid dans sa brochure « Les poissons de la Sarine et de ses affluents », mais il manquait encore dans les collections de notre musée. Il a été capturé par M. le major Otto en nombreux exemplaires, en partie morts, dans la Sarine (lac de Pérrolles) lors d'une malheureuse ouverture des vannes de vidange par les E.E.F., le 21 septembre 1924 ! Cette ouverture a occasionné la mort de milliers de jeunes poissons restés sur les rives sablonneuses mises à sec ! On peut se demander, si l'ouverture de ces vannes est nécessaire de temps en temps, quelles précautions ou pourrait exiger de la part des E.E.F. pour ne pas nuire à la pisciculture en causant la mort de nombreux poissons et spécialement des nombreux alvins mis à grands frais dans notre rivière.

Le manque de matériel de comparaison a failli entraîner l'auteur et les naturalistes consultés dans la même erreur que Razoumowski¹ qui a confondu la Loche franche avec la Loche de rivière (*Cobitis taenia L.*) qui ne se trouve pas en Suisse.

¹ Razoumowski : Hist. nat. du Jorat III. page 363.

Séance du 15 janvier 1926.

Présidence de M. le prof Dr S. Bays, président.

H. Dr. A. STÆGER, Bern : *Kurze Mitteilung über Kontaktelektrisierung bei staubförmigen Körpern (auch Eis) und andere neue Versuche.*

Die in meiner Dissertation¹ beschriebenen Versuche habe ich fortgesetzt und durch neue ergänzt :

I. *Versuche mit Rauhreif.* An die Saitensonde des Lutzschen Elektrometers liess ich einen Eiszyliner anfrieren und auf diesen eine dünne Eisplatte, von welcher ich natürlichen Rauhreif wegblies. Dadurch wurde die Eisplatte positiv elektrisch.

Eine isolierte und mit dem Elektrometer verbundene Blechbüchse wurde zu $\frac{3}{4}$ mit CO²- Schnee gefüllt. Der sich aussen bildende Rauhreif wurde weggeblasen. Die Büchse nahm dabei stets positive Ladung an, und zwar bis über 50 Volt. Da die CO²-Stücke meist stark elektrisch sind, ist bei dieser Anordnung Vortäuschung des kontaktelektrischen Effektes nicht ausgeschlossen, aber sehr unwahrscheinlich. Die Versuche wurden oft wiederholt, indem statt des CO²-Schnees eine Kältemischung aus Schnee und Kochsalz verwendet wurde ; auch hier traten beträchtliche Elektrisierungen auf, wenn der Rauhreif trocken war ; wenige Sonnenstrahlen verminderten die Elektrisierung, auch wenn der Rauhreif nur wenig nass war. In günstigen Fällen kann die an die

¹ Experimentaluntersuchungen über Kontaktelektrisierung bei staub- und wolkenförmig zerteilter Materie, speziell Schnee als gewitterbildendem Faktor. Freiburg in der Schweiz, 1924. Auszg in « Annalen der Physik » 1925.

Büchse gebundene positive Elektrizitätsmenge gegen I.E.S.E. betragen, wenn ungef. 1 mg Rauhreif weggeblasen wird. 1 g Rauhreif trägt also eine negative Elektrizitätsmenge von 1000 E.S.E. fort. Dieser weggeblasene Eisstaub war so fein, dass er z. T. 10-20 Sek. lang in der Luft schwebte, was am Glitzern im Schein einer 200 H.K.-Lampe erkannt wurde. Der Eisstaub wurde teilweise mit Eosinpapier aufgefangen, um die Gewichtsmenge und gleichzeitig die Ladung zu bestimmen. — Es wurde auch natürlicher Rauhreif von Holz- und Gypsstücken weggeblasen und immer negativ gefunden.

2. *Versuche mit Kohlensäureschnee.* Wurde Kohlensäureschnee in dem zur Herstellung verwendeten Sack dem Elektrometer genähert, so erwies er sich als negativ geladen; möglicherweise stammt aber diese Ladung nicht vom Sack direkt, sondern von dem von ihm ausgehenden Nebel. — Beim Herstellen von CO_2 -Schnee im Dunkeln *leuchtele der Baumwollsack an seiner ganzen Oberfläche*; es waren elektrische Funken und Strahlenbüschel sichtbar; auch konnte eine Glimmlichtlampe zum hellen Leuchten gebracht werden, indem man sie an den Sack brachte oder in Abwesenheit des Sacks direkt in das ausströmende Gas hielt. Ein in diese Ausströmung gehaltenes verzinntes Drahtgitter wurde negativ (mehrere 100 Volt). Liess ich die Kohlensäure durch ein Drahtgitter in den Faradayschen Käfig strömen, so konnte ich leicht Raumdichten von über 50 E.S.E.- m^3 nachweisen; sie hielt über 5 Minuten an.

3. *Versuche mit Sand.* Gewöhnlicher Sand, aus der Grube Bethlehem bei Bern, erwies sich als vorzüglicher Isolator, wenn er trocken ist. Eine nur 1 cm

hohe vorerwärmte Sandschicht gab ihre statische Ladung im Lauf von 20 Minuten nur ungefähr zur Hälfte an ihre metallische, geerdete Unterlage ab. Durch Umrühren des Sandes in feuchter Nachtluft und gleichzeitiges Anhauchen verlor sich die Isolationsfähigkeit völlig (für statische Ladungen). Kaum wäg- und sichtbare Sandmengen luden einen metallischen, isolierten Löffel beim Abblasen auf ungef. 10 Volt. Durch Aufwirbeln von warmem Sand auf dem Grund des Käfigs liessen sich positive freie Raumdichten von über 50 E.S.E. m^3 erzeugen, die erst im Verlauf von über 5 Minuten gegen O abnahmen. Mit abgekühltem Sand waren nicht mehr so hohe Dichten zu erreichen. Indem ich ca. 2 kg trockenen Sand (mit etwas Gyps) mit ca. 25 g Schiesspulver aus einem eisernen Gefäss abschoss, konnte ich an dem in 12 m Abstand aufgestellten Elektrometer mit Hilfe einer Influenzplatte von einigen dm^3 einen Ausschlag von weit über 50 Volt beobachten.

4. *Versuche mit Vulkanasche.* Durch Aufwirbeln von ca. 80 g vulkanischer Asche im Käfig konnte ich eine positive Raumdichte von über 4 E.S.E. m^3 erzeugen. Bei Abschiessen dieser Menge im Freien mit 20 g Schiesspulver war in 12 m Abstand keine Influenzwirkung wahrzunehmen.

5. *Schiessversuche mit Zucker, und Gyps.* Abschies- sen von ca. 500 g Pulverzucker mit ca. 40 g Schiess- pulver war in 20 m Abstand mit Tropfkollektor und Elektrometer nicht wahrnehmbar, wahrscheinlich weil der Tropfkollektor für so kurz dauernde Raum- ladungen zu langsam reagiert. Dagegen brachte 1 kg Modellgyps den Tropfkollektor bei einem Ab- stand von 3 m auf über 50 Volt.

6. *Versuche mit Rauch.* Abbrennen eines Päckchens photographischen Blitzpulvers im Käfig ergab eine positive Raumdichte von über 5 E.S.E.-m³. Durch Abbrennen von 10 cm Aluminiumband unter einem Drahtgitter wurde dieses stark negativ elektrisch. Dagegen war es mit Zigarren- oder Zigarettenrauch nicht merklich zu elektrisieren; wohl aber schien dies mit Papierrauch der Fall zu sein.

7. *Versuche mit Eisenfeilspänen.* Lässt man solche über Papier gleiten, so werden sie stark positiv; das Papier negativ. Durch Abheben der Späne vom Papier mit einem Stahlmagneten lud sich letzteres ebenfalls negativ.

8. *Versuch mit Blattgold.* Ich legte solches auf Papier und blies das Gold weg; dadurch wurde das Papier positiv.

9. *Versuche mit Metaacetaldehyd.* Legt man eine Metalflocke auf Wasser, so gelingt es nicht, sie unversehrt wieder wegzu ziehen; ein Teil der Kristalle bleibt immer an der Wasseroberfläche haften. An der so abgehobenen Flocke waren nie Wassertröpfchen zu sehen. Es scheint daher, dass für Meta die Zerreissfestigkeit geringer ist als die Kohäsion des Wassers.

Diese Tatsache ist wichtig zum Verständnis der in der erwähnten Dissertation mitgeteilten Versuche über Elektrisierung von Metaflocken. Da die Flocken von einer nassen Unterlage weggeblasen wurden, fand immer eine Zerreissung der Metakristalle statt und diese Zerreissung ist die Ursache der Elektrisierung. Kürzlich habe ich weitere Versuche über den Quotienten $\frac{\text{Elektrizitätsmenge}}{\text{Gewichtsmenge}}$ angestellt und ihn

von der Größenordnung 1000 E.S.E.- g Meta gefunden. Durch Hindurchblasen von ca $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ g Metaflocken durch ein Drahtgitter konnte ich dieses auf ein so hohes Potential bringen, dass eine Glimmlichtlampe bei Berührung aufleuchtete.

10. *Nichtzusammenfliessen zweier Wassertropfen.* Diese für die Elster- und Geitelsche Influenztheorie der Niederschlagselektrizität wichtige Erscheinung habe bei zwei auf einer gereinigten Glasplatte liegenden Wassertropfen beobachten können ; sie berührten sich mehrere Minuten lang, indem der eine Wasser- komplex den andern teilweise umgriff, ohne zusammenzufließen.

Séance du 29 janvier 1925.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Die Wasserstoffionenkonzentration, von Herrn Dr. MÜNZHUBER, Chemiker an der Kardinal-Brauerei, Freiburg.

Nach der Dissoziationstheorie von Arrhenius, ist in der wässrigen Lösung eines Elektrolyten ein Teil der Moleküle gespalten z. B. Salzsäure H Cl in positiv geladene H^+ und in negativ geladene Cl^- Atome. Natriumhydroxyd Na OH in Na^+ und OH^- .

Diese elektrisch geladenen Teilchen nennt man Jonen, von denen verschiedene Eigenschaften der Substanzen abhängig sind.

1-) Die elektrische Leitfähigkeit. Da an der Stromleitung nur die Jonen beteiligt sind, wird eine Lösung den Strom um so besser leiten je mehr Jonen vorhanden sind.

2) Die Stärke der chemischen Reaktion. Denn nur die Jonen wirken aufeinander. Je mehr die reagierenden Substanzen gespalten resp. dissoziirt sind, je heftiger muss daher die Reaktion sein.

3) Der Geschmack. Ist eine Lösung von Essigsäure geniessbar, so ist eine äquivalente Lösung von Salzsäure für unser Empfinden viel zu sauer. Tatsächlich ist die Salzsäure viel stärker dissoziirt wie die Essigsäure. Für den Geschmack ist also nicht die gesamte Säuremenge massgebend, sondern nur die Menge der Jonen.

Wie man im allgemeinen von der Konzentration einer Lösung spricht, so kann man auch von einer Jonenkonzentration sprechen und darunter die, in der Volumeneinheit vorhandenen Gramme Jonen verstehen.

Betrachten wir speziell die Dissoziation von Säuren. Salzsäure HCl ist dissoziirt in H^+ und Cl^-
Schwefelsäure H_2SO_4 ist dissoziirt in $2H^+$ und SO_4^-
Essigsäure CH_3COOH ist dissoziirt in H^+ u. CH_3COO^-

Allen Säuren ist das Wasserstoffion H^+ gemeinsam, während das negative Jon mit der Säure wechselt. Also bildet das Wassersstoffion das Charakteristikum der Säuren und ihre spezifischen Eigenschaften können nur von ihm herrühren. Für die Wasserstoffionenconzentration hat man das Zeichen « ph » eingeführt. Enthält eine Lösung in 1 Liter

$$1 \text{ gr. } H^+ = 10^0 \text{ so ist deren ph } = 0$$

$$0,1 \text{ » } + = 10^{-1} \text{ » } \text{ » } = 1$$

$$0,001 \text{ » } + = 10^{-3} \text{ » } \text{ » } = 3$$

Als Mass für die Wasserstoffionenconzentration schreibt man also nur deren Logarithmus ohne das negative Vorzeichen.

Daher ist $\text{ph } 5,74 = 10^{-5,74} = 1,8 \cdot 10^{-6}$ oder in
1 Liter ist $\frac{1}{1\,800\,000}$ gr. H^+ enthalten

Der wahre Neutralpunkt liegt bei dem
ph des Wassers = 7,07.

ph kleiner als 7,07 = sauer.

ph grösser als 7,07 = alkalisch.

Genau bestimmen kann man das ph nur auf elektrometrischem Wege, da wie schon angeführt, die Leitfähigkeit einer Lösung von der Menge der vorhandenen Jonen abhängt.

Für die Praxis ist diese Methode zu kompliziert.

Michaelis verwendet Indikatoren, welche in, für sie saurer Lösung farblos und in alkalischer gelb bis grüngelb sind, mit verschiedenem Umschlagsbereich.

α Dinitrophenol ph 2,8–4,4 d. h. bei ph 2,8 beginnt der Indikator eben sich gelb zu färben und erreicht bei ph 4,4 die maximale Farbentiefe. Jeder Zwischenwert in der Farbentiefe entspricht einem bestimmten ph. In ganz analoger Weise hat γ Dinitrophenol einen Umschlagsbereich von ph 4,0–5,4 p Nitrophenol 5,4-7,0 und m Nitrophenol 6,8–8,4. Gebe ich z. B. zu einer Lösung mit einem ph, das zwischen 4,0–5,4 liegt γ Dinitrophenol, so kann ich aus der Farbentiefe das genaue ph rasch bestimmen. Mit dem, im Laboratorium der Brauerei Kardinal verwendeten Apparate von Michaelis wurde die ph-Bestimmung vorgeführt.

Besonders wichtig ist das ph für physiolog. Flüssigkeiten. So hängen die enzymatischen Prozesse und das Wachstum der Bakterien enge damit zusammen. Für die Diastase ist das ph optimum 4,7–5,1 und für die proteolytischen Enzyme 4,3–5,0.

Séance du 12 février 1925.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

1. *Erreurs et probabilités. — A propos du Concours du Grain d'Or*, par M. le Dr PAUL LAMBOSSY.

L'année dernière, à pareille époque, des commerçants de Genève avaient ouvert un concours au public, et l'avaient désigné sous le nom de *Concours du Grain d'Or*. Une bouteille d'une contenance d'un litre avait été remplie de grains de café, puis fermée et cachetée, enfin exposée dans une vitrine. Les gens qui voulaient concourir devaient dire le nombre de grains qu'elle contenait.

Naturellement, chaque concurrent s'est efforcé de deviner juste, et pour cela, il a acheté du café, en a rempli une bouteille absolument pareille, et a compté les grains. Peut-être a-t-il répété l'expérience avec d'autres sortes de café. Enfin, il a donné la réponse qui lui paraissait la plus vraisemblable. Il n'est pas inutile de dire qu'une même personne pouvait envoyer plusieurs réponses.

Il est parvenu de cette façon 72 750 réponses. J'ai pensé qu'il y avait un intérêt statistique à comparer ces réponses. M. Eug. Pachod, huissier judiciaire à Genève, a bien voulu me communiquer les résultats dans le détail, et le graphique de la fig. 1 n'est autre chose que la traduction sensible des résultats, exactement tels qu'ils m'ont été fournis.

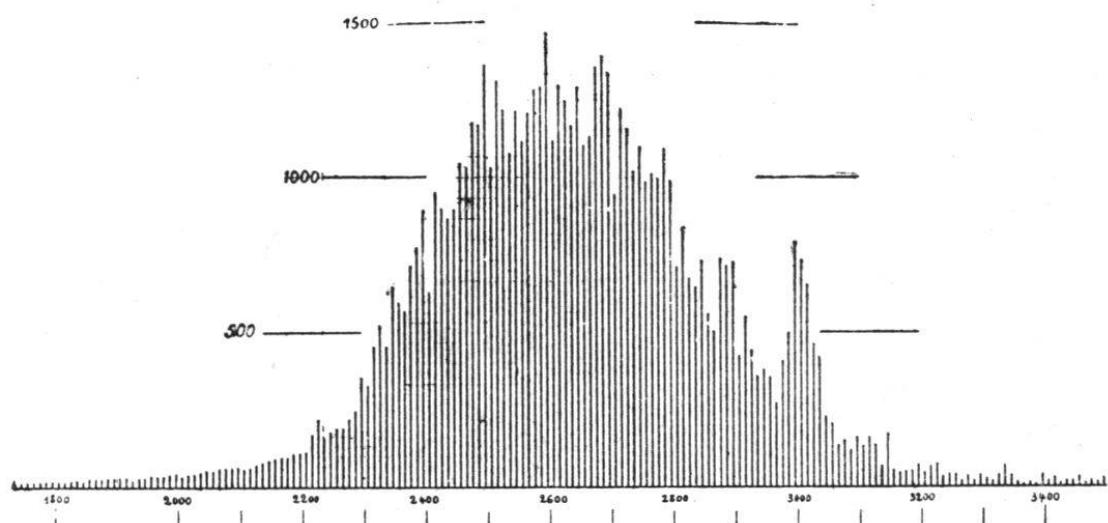


Fig. 1.

Chaque trait vertical représente par sa longueur un nombre de réponses ; nous voyons, par exemple, que 1470 concurrents ont donné pour réponses des nombres compris entre 2590 et 2600 grains ; 1120 ont donné pour réponses des nombres compris entre 2600 et 2610 ; ainsi de suite de 10 grains en 10 grains¹. Vous observez que ces réponses varient entre de larges limites, de 1800 grains à 4000², mais qu'elles se groupent particulièrement nombreuses autour de 2600.

Disons encore que la fameuse bouteille contenait 2804 grains ; mais ce détail n'a ici aucune importance.

Y a-t-il un intérêt scientifique à s'occuper de ces choses là ? Cet intérêt est, peut-on dire, proportionnel à l'exactitude des observations qui servent de base à cette étude. Je ne me fais pas d'illusion. Je ne

¹ Au-dessous de 2200 grains, je ne possède que la répartition de 100 en 100. J'ai dû interpoler pour l'avoir de 10 en 10.

² Pour éviter une trop forte réduction de la figure, la partie au-delà de 3500 n'est pas reproduite.

suis pas sûr que chaque concurrent ait compté soigneusement les grains d'une bouteille, et qu'il ait donné pour réponse le résultat précis de son épreuve. Je suis bien éloigné de croire que le public ait songé aux statisticiens à venir et qu'il ait manifesté une sorte de probité scientifique en cette circonstance. Toutefois, il n'est pas probable qu'un grand nombre de concurrents ait donné pour réponse un nombre pris au hasard.

Mon but est d'essayer une explication de ces résultats ; mais, puisque je suis obligé de garder dans ma conclusion une certaine réserve, ce n'est pas précisément *sur* le Concours du Grain d'Or que je me permets de vous entretenir, mais bien plutôt *à propos* du Concours du Grain d'Or.

* *

Laissant donc, pour un instant, les grains de café, je parlerai des erreurs d'observation ou de mesure. C'est aussi le domaine de la statistique, comme on le verra.

Aucune mesure physique ou autre n'est parfaitement exacte, et cela pour des raisons multiples. On se sera par exemple servi d'un mètre trop court, d'un appareil mal réglé ; ou bien encore l'observateur, par ignorance ou par négligence, n'a pas apporté à ses mesures les corrections nécessitées peut-être par la température, la pression, ou par autre chose. Enfin, les mesures sont erronées en partie par le manque d'habileté de l'observateur, et par mille riens qui, survenant fortuitement, faussent la mesure.

Cependant, on peut ranger les erreurs ou les causes d'erreurs en deux classes : les erreurs *systématiques* et

les erreurs *accidentelles*. Les erreurs systématiques se reconnaissent par ce caractère qu'elles affectent les mesures d'une façon infaillible et constante ; telles sont celles qui résultent de l'emploi d'un mètre trop court. Ou bien elles ont une allure régulière et progressive ; ainsi pendant la durée d'une série d'expériences, la température a haussé lentement, et on n'a pas tenu compte de cette variation.

Tout autres sont les erreurs accidentelles ; elles surviennent ou ne surviennent point, sans qu'on puisse le prévoir. Elles ont une allure absolument capricieuse et sont impossibles à éviter. Ainsi les vis qui sont l'organe essentiel de beaucoup d'appareils ne sont pas parfaitement régulières ; autre exemple, les conditions atmosphériques influent sur la précision des visées au théodolite.

Supposons qu'un astronome mesure un temps ou un angle avec toute la précision que comportent ses instruments ; supposons qu'il ait apporté au résultat de sa mesure toutes les corrections qu'il connaît, de sorte que ce résultat est purgé de toute erreur systématique. Il restera encore les erreurs accidentelles. S'il connaissait la valeur véritable de la grandeur qu'il mesure, il obtiendrait la valeur de l'erreur en prenant la différence entre la valeur véritable et le résultat qu'il a trouvé.

Mais cette vraie valeur, il ne la connaît pas. Il lui reste cependant la ressource d'augmenter le nombre de ses mesures ; il prendra la moyenne des résultats, et adoptera cette moyenne comme la valeur vraie, ou du moins comme la valeur la plus probable.

C'est ici que se présente une circonstance très remarquable. Si l'on calcule les erreurs, c'est-à-dire si

l'on évalue les différences entre chaque résultat et la moyenne, on trouve que les petites erreurs sont les plus fréquentes, qu'elles se groupent et s'organisent d'une manière très particulière.

Pour bien faire comprendre la chose, je prendrai un cas concret. Il s'agit de 470 mesures du même intervalle de temps faites par Bradley. Bradley est un astronome, le modèle des observateurs, suivant l'expression de Laplace. Regardant comme vraie valeur ou du moins la meilleure, la moyenne, il calcule ensuite les erreurs de chaque observation relativement à cette moyenne. Il a ainsi trouvé :

47 erreurs entre 0,0 et 0,1 sec.

44 » » 0,1 et 0,2 sec., etc...

Un tel tableau constitue une statistique d'erreurs, qui peut très bien être figurée par un graphique. Voir la fig. 2.

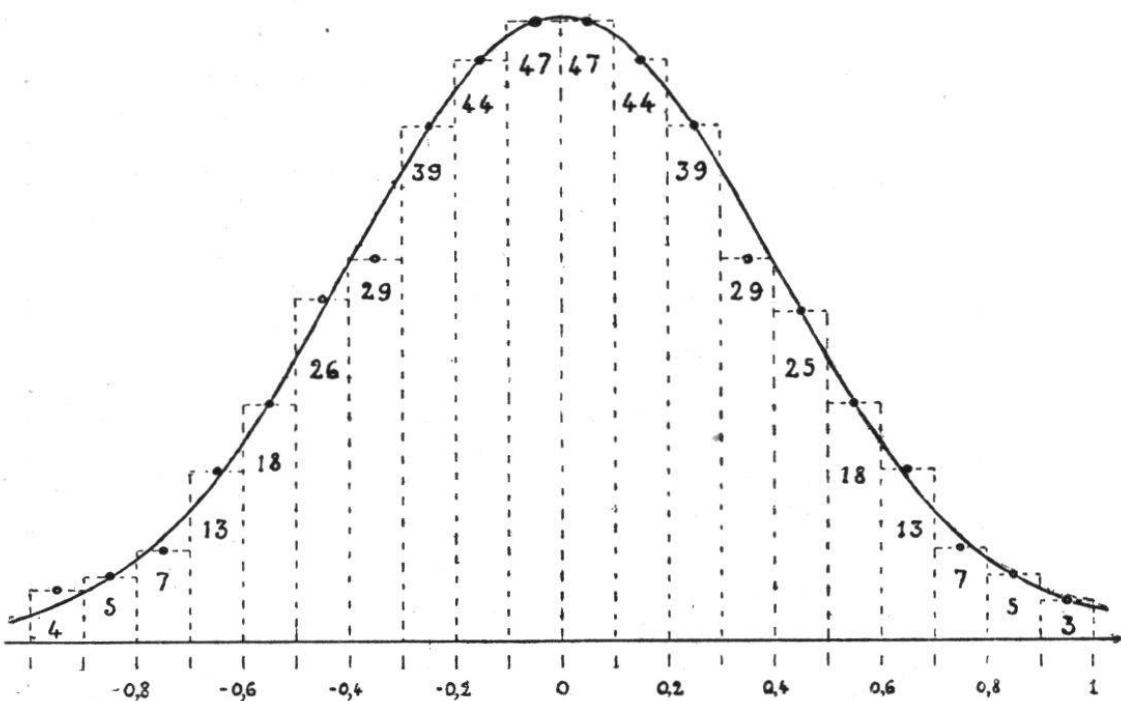


Fig. 2.

A chaque intervalle de $\frac{1}{10}$ de seconde, correspond un point, qui par son élévation indique le nombre des erreurs qui tombent dans cet intervalle. La courbe que l'on obtient en réunissant ces divers points est douée d'une régularité remarquable, et d'autant plus remarquable que le graphique ne traduit pas une loi physique continue.

Mais il y a plus. Au point de vue mathématique, cette courbe a des propriétés intéressantes. Elle porte le nom de *courbe en cloche de Gauss*. Son équation est du type $y = e^{-x^2}$. A dire vrai, je n'ai pas réuni les points, mais j'ai tracé la meilleure courbe de Gauss à travers les points, et vous voyez qu'elle traduit fidèlement les résultats de l'observation. Telle est la *loi de la répartition des erreurs accidentelles*.

* * *

A propos de cette loi des erreurs, je voudrais esquisser une démonstration. Imaginons que Bradley, quelque temps après avoir fait ses 470 observations, ait voulu recommencer quelques mesures du même intervalle de temps ; disons trois fois seulement. Quelle était la grandeur de ce temps, je l'ignore ; mais cela n'a pas d'importance. Je supposerai que ce temps est environ 100 secondes, et que les trois résultats soient les suivants :

100,81 100,58 99,96

La question que l'astronome aurait pu se poser est la suivante : Voilà trois nombres qui diffèrent quelque peu les uns des autres ; la véritable durée du phénomène m'est inconnue ; mais je voudrais pouvoir déduire de ces trois nombres une valeur qui ait le plus de chance d'être exacte, qui soit donc la plus

raisonnable. Car je ne puis garder ces trois nombres, il m'en faut un seul, soit l'un des trois, soit un nombre intermédiaire.

Serait-ce peut-être 100 sec. ? En admettant 100 sec., j'aurais alors commis les erreurs suivantes :

$$+ 0,81 \quad + 0,58 \quad - 0,04$$

Mais je sais, qu'avec mes instruments, quand je re-commence 470 fois la même mesure, je commets

5 erreurs 18 erreurs 47 erreurs
entre 0,8 et 0,9 entre 0,5 et 0,6 entre -0,1 et 0,0

La probabilité de faire l'ensemble de ces trois erreurs que voilà est mesurée par

$$\frac{5}{470} \times \frac{18}{470} \times \frac{47}{470} = \frac{4230}{(470)^3} = 0,000. \ 04074$$

Ce n'est pas beaucoup. Alors supposons que ce soit, non pas 100 sec., mais 100,45. Dans ce cas les erreurs sont :

$$+ 0,36 \quad + 0,13 \quad - 0,49$$

et quand je fais 470 fois la même mesure je commets

29 erreurs 44 erreurs 26 erreurs
entre 0,3 et 0,4 entre 0,1 et 0,2 entre -0,4 et -0,5.

Cela fait une probabilité

$$\frac{29}{470} \times \frac{44}{470} \times \frac{26}{470} = \frac{33 \ 200}{(470)^3} = 0,000. \ 32.$$

Ce nombre 100,45 aurait donc pour lui une probabilité plus grande que le précédent ; on pourrait examiner l'un après l'autre tous les nombres voisins de ceux-là : ils auraient une probabilité plus faible (ou au plus égale). Cette valeur 100,45 est donc celle qu'il convient d'adopter. Ce n'est certainement pas la vraie

valeur, mais c'est la meilleure qu'on peut tirer logiquement de ces trois observations.

Or, ce nombre 100,45 n'est autre chose que *la moyenne* des trois nombres.

100,81 100,58 99,96

N'est-il pas remarquable que l'on puisse démontrer en quelque sorte, ou du moins justifier ce procédé de prendre la moyenne de plusieurs résultats, ce procédé accepté de tous temps par les savants et par les ignorants ?

Il est certain, en effet, que le principe de la moyenne est une conséquence de la loi de la répartition des erreurs, et cette loi est expérimentale. L'idée qui dès lors vient immédiatement à l'esprit est celle-ci : Si la loi des erreurs était différente de celle-là, le principe de la moyenne subsisterait-il ?

Il se peut qu'il subsiste et il se peut que non, cela dépend de la forme de la courbe des erreurs. Si en particulier la courbe n'est pas symétrique à gauche et à droite du maximum, il est certain que le principe de la moyenne doit faire place à un autre qui aura le privilège de fournir la valeur la plus probable entre plusieurs résultats.

* *

Peut-on donner une explication de cette forme que la courbe des erreurs présente ?

Comme on ignore le mécanisme suivant lequel les erreurs fortuites interviennent et se combinent, les théories ne nous donnent pas la certitude. Toutefois, il existe pour ces phénomènes une *image* empruntée aux jeux de hasard, et il se trouve que cette image

est si conforme à la réalité qu'elle peut tenir lieu de démonstration.

Vous connaissez tous le jeu de pile ou face. On jette au hasard, sur la table, une pièce de monnaie, après avoir parié pour l'apparition de face par exemple.

Un jeu complètement équivalent à celui-là, et plus gracieux, est le tirage d'une boule au hasard, hors d'une urne qui contient en égale quantité des boules blanches et des boules noires.

Je désignerai par *a* une boule blanche, et par *b* une boule noire. Je tire une boule de l'urne, je note sa couleur, je la remets dans l'urne ; puis je fais un second tirage semblable. Les diverses possibilités sont :

| | | |
|-----------|-----------|-----------|
| <i>aa</i> | <i>ab</i> | <i>bb</i> |
| | <i>ba</i> | |

Ainsi, sur quatre cas possibles, je n'ai qu'une seule chance d'obtenir deux fois de suite une boule blanche, tandis que si je parie d'amener une fois une blanche et une fois une noire, sans tenir compte de l'ordre de succession, j'ai deux chances sur quatre de gagner, puisqu'il y a deux cas favorables : *ab*, *ba*. J'inscris sur une ligne le nombre de chances d'obtenir 0 noire, 1 noire, 2 noires :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 |
|---|---|---|

Considérons, maintenant, une série de trois tirages successifs. Les diverses possibilités sont :

| | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| <i>aaa</i> | <i>aab</i> | <i>abb</i> | <i>bbb</i> |
| | <i>aba</i> | <i>bab</i> | |
| | <i>baa</i> | <i>bba</i> | |

et j'obtiens la ligne

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 3 | 1 |
|---|---|---|---|

Une seule chance sur huit de tirer une blanche trois fois de suite ; trois chances sur huit de tirer deux blanches sur les trois tirages.

On examinera, de cette façon, une série de quatre tirages ; une série de cinq tirages ; ainsi de suite. Et l'on aura le tableau suivant :

| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 1 | | | | |
| | | 1 | 3 | 3 | 1 | | | |
| | | 1 | 4 | 6 | 4 | 1 | | |
| | | 1 | 5 | 10 | 10 | 5 | 1 | |
| | | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1 | 8 | 28 | 56 | 70 | 56 | 28 | 8 | 1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

On reconnaît ici le Triangle de Pascal. L'illustre auteur estimait que ce tableau pouvait servir à la solution de toutes les questions de jeu ; mais il ne soupçonnait pas l'usage que nous allons en faire.

Examinons l'une quelconque de ces lignes, par exemple celle qui correspond à une série de huit tirages. La somme de tous les nombres écrits sur cette ligne est 256. J'en conclus que j'ai 70 chances sur 256 de tirer exactement quatre boules blanches sur huit tirages successifs. Qu'est-ce à dire ? Si je fais 256 séries de huit tirages (notez bien, il ne s'agit pas de 256 tirages), je puis raisonnablement m'attendre à voir apparaître 70 fois le cas dont je parle : 4 blanches et 4 noires. Et si je faisais l'expérience, j'obtiendrais en effet un nombre voisin de 70.

Et combien de fois obtiendrais-je 4 blanches et 4 noires, sur 470 séries de tirages, au lieu de 256 ? Une simple proportion nous apprend qu'alors on peut s'attendre à voir apparaître le cas signalé 128 ou 129

fois. 128 chances sur 470, c'est la même chose que 70 chances sur 256. Nous pouvons donc, sans changer le moins du monde la signification de cette ligne, multiplier tous ses termes par un même nombre.

2 15 51 103 128,5 103 51 15 2 (Somme 470)

Ce sont les chances d'obtenir les boules noires :

0 1 2 3 4 5 6 7 8

Avec ces nombres, nous pouvons construire une sorte de graphique, en empilant pour ainsi dire les chances de même espèce, de manière à construire des colonnes.

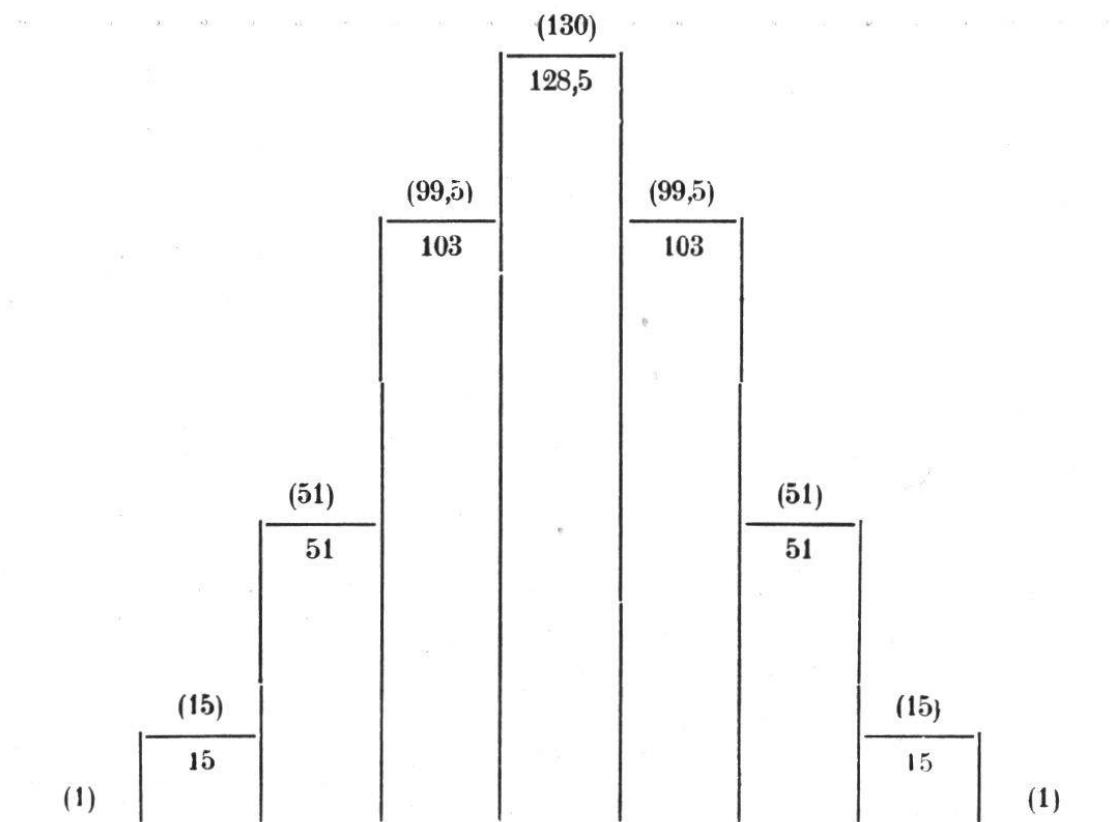


Fig. 3.

J'ai tenu à vérifier ces probabilités par l'expérience. A l'exemple de Buffon qui jetait une pièce de monnaie en l'air 4000 fois, j'ai fait des séries de 8 tirages d'une

urne qui contenait en égale quantité des boules blanches et des boules noires.

Lorsqu'une série de 8 tirages successifs est achevée, je compte le nombre des boules blanches et des boules noires que j'ai obtenues, et cela constitue une expérience. J'ai fait de cette façon 470 expériences, espérant établir a posteriori le nombre des chances dont j'ai parlé. J'ai obtenu, sur 470 expériences

2 fois 0 boule noire et 8 boules blanches

| | | |
|-----|---|---|
| 20 | 1 | 7 |
| 50 | 2 | 6 |
| 98 | 3 | 5 |
| 129 | 4 | 4 |
| 93 | 5 | 3 |

62 fois 6 boules noires et 2 boules blanches

| | | |
|----|---|---|
| 14 | 7 | 1 |
| 2 | 8 | 0 |

Le graphique rappelle immédiatement celui de Bradley. Il n'est pourtant pas identique à cause du fait que les erreurs des observations de Bradley sont réparties en 20 colonnes. Mais rien n'est plus facile que de changer cette distribution. Bradley a classé les erreurs d'après des échelons de $\frac{1}{10}$ de seconde ; prenons des échelons de 0,28 seconde. En modifiant le tableau de Bradley, on a le suivant :

| | | | | |
|------|---------------|-------|------|-------|
| 130 | erreurs entre | -0,14 | et | +0,14 |
| 99,5 | » | » | 0,14 | 0,42 |
| 51 | » | » | 0,42 | 0,70 |
| 15 | » | » | 0,70 | 0,98 |
| 1 | » | » | 0,98 | 1,26 |

et ce tableau donne lieu à un graphique absolument pareil au précédent. Ces derniers nombres ont été

écrits entre parenthèses dans la fig. 3. Les deux séries de nombres montrent une assez bonne concordance.

J'assimile donc une observation de Bradley à une série de 8 tirages hors d'une urne contenant un nombre égal de boules blanches et de boules noires. Il y a une égale probabilité, d'une part à tirer exactement 4 boules noires, d'autre part pour Bradley à commettre une erreur maximum de 14 centièmes de seconde soit en-dessus, soit en dessous de la moyenne. De même, le nombre des cas où l'on obtiendra 5 noires ne différera pas beaucoup du nombre des observations de Bradley donnant lieu à une erreur comprise entre 0,14 et 0,42.

C'est en cherchant un exposé facile et une image concrète que j'ai réussi à assimiler une expérience de Bradley à une série de huit tirages. En choisissant un autre nombre que 8 on ne réussit pas si bien. Comment interpréter cela ? Tout se passe comme si dans chaque expérience individuelle de Bradley, il y avait 8 causes d'erreurs, prépondérantes et égales, ni plus ni moins. Chacune de ces causes d'erreurs agit dans un sens ou dans l'autre, positivement ou négativement, au hasard. Chaque association de ces causes d'erreurs donne lieu à une erreur réellement observée.

Cette façon de voir s'accorde avec la série des mesures de Bradley. D'ordinaire, pour jouir des avantages d'une fonction continue, on suppose les causes d'erreurs infiniment nombreuses, et chacune d'elles infiniment petite ; le graphique en escalier se change alors en une courbe continue, et c'est la courbe en cloche de Gauss.



Retournons à nos grains de café. De tant d'irrégularités peut-on faire apparaître une courbe continue ?

Tout d'abord, portons notre attention sur cette sorte de flèche dont l'abscisse est environ 3000. Il est bien évident qu'elle signale la présence d'une espèce de café à grains petits. Eliminons par la pensée ces grains de grosseur très spéciale, et effaçons tout ce qui se trouve dans l'intervalle 2950—3050. La lacune qui en résultera ne gênera pas le tracé d'une courbe.

Une étude de détail m'a conduit à regarder 2610 comme l'abscisse pour laquelle le maximum a lieu.

Pour obtenir une courbe, je choisis des échelons de 50 grains ; je réunis les traits verticaux en groupes de 5, et je prends leur somme. A cette somme je fais correspondre un point dont l'abscisse est au milieu de l'intervalle. J'obtiens ainsi la courbe de la fig. 4.

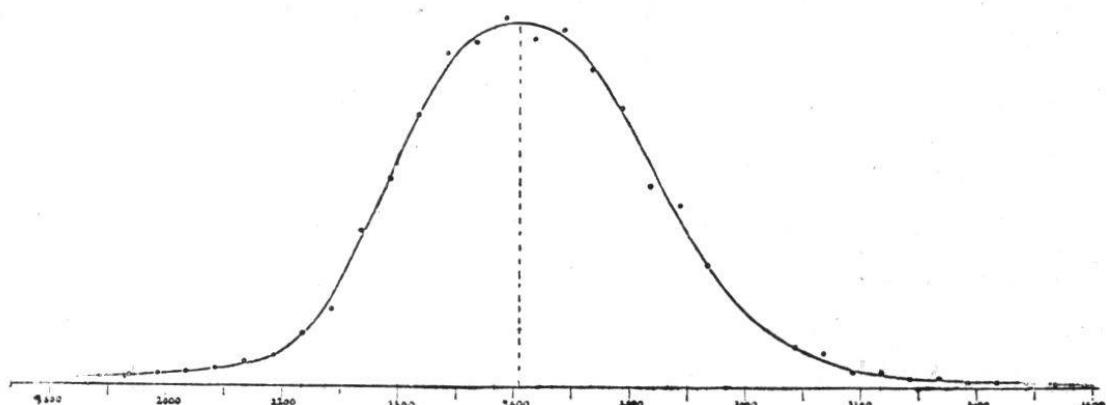


Fig. 4.

Sa régularité est très suffisante et je ne pouvais l'espérer meilleure. Cette courbe une fois tracée et adoptée — car le tracé demande une certaine interprétation — est le point de départ de recherches géométriques ; elle doit subir une sorte d'analyse qualitative et quantitative.

Sa forme générale rappelle sans doute la courbe en

cloche de Gauss ; mais, examinée de près, elle montre des caractères différents.

Et pourquoi serait-elle semblable ? S'agit-il d'erreurs accidentelles ? Non, mais l'expérience a montré que lorsqu'on choisit une espèce animale ou végétale très pure, qu'on soumet les individus de cette espèce à une mesure déterminée, les nombres obtenus se groupent suivant la loi de Gauss. Au 19^{me} siècle, Quêtelet, un Belge, a classé les diverses tailles de 25 000 jeunes gens américains se présentant au service ; il a reconnu que ces longueurs se groupent autour de la moyenne à peu près suivant la loi de Gauss.

Si, prenant des grains de café d'une espèce très pure, provenant d'une même plantation, je soumettais chacun à une mesure, celle du volume par exemple, il est certain que les nombres obtenus se grouperaient autour de la moyenne exactement suivant la loi de Gauss.

C'est ce que l'expérience a appris. Tout se passe comme si, dans le laboratoire de la nature, le cafier était un ouvrier maladroit ; essayant d'imiter chaque fois le même modèle, il ne réussirait pas toujours, et commettrait des erreurs accidentelles.

Et pourtant, la courbe des grains de café, comparée à la vraie courbe en cloche, accuse des différences. Tout d'abord, elle n'est pas symétrique ; elle est relevée vers la droite. Mais ce défaut de symétrie n'est pas très accentué, et il serait aisé d'en donner une explication. Admettons qu'il est négligeable ; construisons une courbe symétrique moyenne, en relevant un peu le versant gauche, et en abaissant celui de droite. Cette courbe symétrique n'est pas encore une courbe de Gauss ; un simple coup d'œil montre que

le sommet est trop aplati. Il est impossible de placer une courbe de Gauss qui coïncide avec celle-là sur un petit parcours ; elle la couperait en deux points.

Ce fait a pour cause la présence de plusieurs sortes de café dans le commerce. Pour bien expliquer la chose, je suis obligé de revenir un instant aux erreurs d'observation.

Je suppose qu'une règle métrique soit graduée sur ses deux faces. La distance entre les deux traits extrêmes de la 1^{re} face est 20 cm. ; pour la 2^{me} face, cette distance est 20 cm. et 2 mm. Quelle est la longueur de la règle ?

Voilà une chose mal définie ; on peut parler de la longueur sur une face, mais non pas de la longueur de la règle, tout court.

Généralisez cet exemple. L'objet d'une mesure présente une ambiguïté ; il possède deux déterminations ; et je suppose qu'on demande à un très grand nombre de personnes de mesurer cet objet. Les unes prendront au hasard la première détermination, les autres la seconde. Chacun de ces deux groupes fera des mesures soignées. Les résultats du premier groupe se rassemblent autour d'une moyenne et donnent lieu à une courbe de Gauss ; ceux du deuxième groupe donnent lieu à une courbe de Gauss un peu déplacée par rapport à la première. L'ensemble de tous les résultats sera représenté par une troisième courbe obtenue en faisant la somme des ordonnées qui correspondent à la même abscisse. La résultante de deux courbes de Gauss n'est plus une courbe de Gauss.

La courbe des grains de café peut être considérée comme la superposition de deux courbes de Gauss, du moins sur un très grand parcours. Par tâtonnement

je suis arrivé à construire ces deux courbes normales ; et l'on voit que leur résultante se confond bien avec la première, sauf dans les parties du bas (fig. 5).

J'ai voulu montrer par là *qu'il suffit*, pour expliquer la majeure partie des résultats de l'observation, d'admettre l'existence de deux espèces de café très

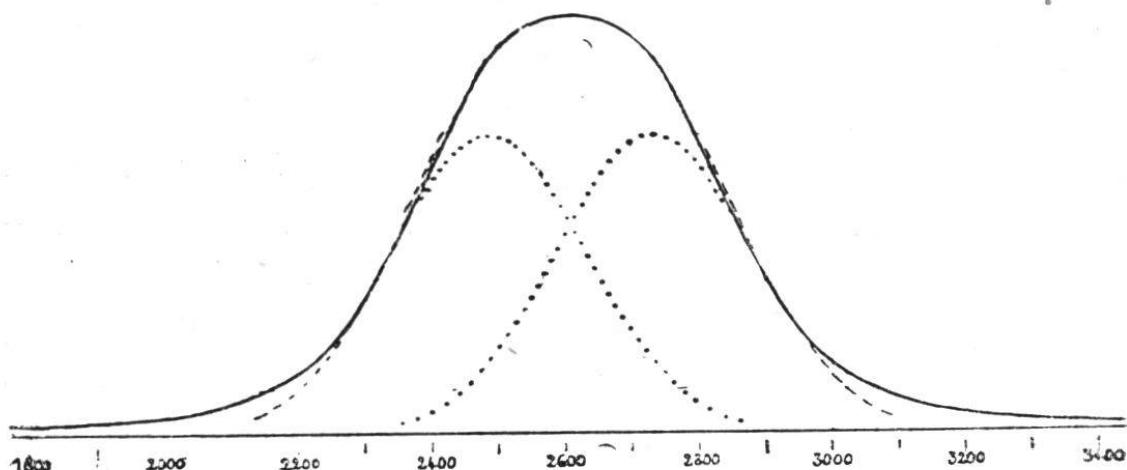


Fig. 5.

pures (je ne parle pas de l'espèce caractérisée par le nombre 3000).

Naturellement, en supposant trois espèces ou davantage, on expliquera plus complètement la forme observée de la courbe. Qu'il existe dans le commerce au moins deux espèces de café, cela est certain. A la vérité, la proportion de ces espèces est impossible à déterminer.

Il est donc permis de conclure que, malgré une irrégularité ou un désordre apparent, une statistique bien comprise fait apparaître une *loi* de répartition des diverses grosseurs des grains de café. Ce n'est pas la *loi normale* que l'expérience montre dans les espèces pures. Mais l'hypothèse de l'existence de plusieurs espèces mélangées *suffit* pour concilier cette loi de répartition avec celle qu'on observe pour les erreurs accidentnelles.

Toutefois, je ne pourrais rendre compte des grands écarts, comme ceux qui correspondent à 1800 et 4000 grains.

Séance du 12 février 1925.

Présidence de M. le prof. Dr Bays, président.

M. A. HAAS: *Les poussières de l'air.*

L'auteur n'a pas remis son manuscrit.

Séance du 19 mars 1925.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Dr PAUL GERBER, prof. au Technicum. — *Le Paysage fribourgeois en escalier.* (Etudes graphiques de la morphologie du bord des Alpes entre la Sarine et l'Aar.)

Si nous contemplons, de la hauteur du Guntzen près de Fribourg (695 m), le paysage fribourgeois et surtout le bord des Alpes, nous distinguons un *paysage en escalier* qui se compose de trois surfaces distinctes, nettement individualisées.

Nous avons, d'abord, devant nous, les hauteurs du pays molassique, que l'on appelle à tort le « plateau » suisse. En comparant les points culminants de cette région, nous pouvons sans peine les ranger sur une surface de niveau relative, que nous appellerons *niveau I* ou *niveau de la molasse*.

Au-dessus de ce premier niveau s'élèvent les hauteurs de la chaîne de flysch : Berra-Schweinsberg-Pfeife-Gurnigel. Les sommets et crêtes de cette chaîne peuvent, à leur tour, être rangés sur un second niveau relatif, qui sera le *niveau II*, ou *niveau de la Berra*.

Derrière cette chaîne de flysch se dressent les sommets et les crêtes des Alpes calcaires fribourgeoises,

soit le Moléson, le Kaiseregg, la chaîne du Gantrisch et la chaîne du Stockhorn. La forme de ces montagnes est très variée (sommets, crêtes, dos, plateaux) et leur architecture géologique diffère beaucoup. Pourtant, nous constatons que ces sommets se rangent à leur tour sur un troisième niveau relatif que nous appellerons le *niveau III* ou *niveau du Stockhorn*.



Fig. 1. — La disposition du paysage fribourgeois en escalier (coupe schématique).

Ces trois niveaux relatifs sont séparés par des gradins bien distincts, à savoir un gradin inférieur qui monte du pays molassique au niveau de la Berra et un gradin supérieur qui monte du niveau de la Berra au niveau du Stockhorn (*fig. 1*).

Cette disposition caractéristique du paysage fribourgeois en deux gradins et trois surfaces n'a pas été étudiée jusqu'à présent, d'une manière approfondie. Puisque ces surfaces de niveaux comprennent en même temps des problèmes importants concernant le bord des Alpes, j'ai choisi ce phénomène comme base pour mon travail et je me suis spécialement proposé de donner une réponse à la question suivante :

Les gradins du pays fribourgeois sont-ils dus à la tectonique (plissement-chevauchement) ou bien à l'érosion et à la dénudation ?

Notre région du bord des Alpes se prête très bien à ces recherches et cela à plusieurs points de vue. D'abord sur une étendue relativement restreinte, il

y a des différences très considérables dans les précipitations atmosphériques (99 cm—200 cm par an); ensuite, il y a des différences dans la dureté et la perméabilité des roches ainsi que dans la nature et l'inclinaison des couches géologiques. En outre, cette région des Préalpes suisses présentait pour moi personnellement cet avantage, que je la connais particulièrement bien, puisque, en ma qualité de géomètre du cadastre, j'ai pris part à la triangulation de quatrième ordre le long de cette chaîne, que j'ai parcourue de ce fait dans toutes les directions.

Le phénomène, particulièrement important pour notre problème, à savoir que les sommets de montagnes se rangent par région sur une surface de niveau assez prononcée, a depuis longtemps occupé les géographes et les géologues. Déjà en 1792, un géographe, Targioni, attira l'attention sur le fait que les points culminants dans les pays de collines se trouvaient sensiblement sur un même plan.

L. Rütimeyer (1869) et Albert Heim (1878) ont étudié et représenté graphiquement les terrasses d'érosion dans la vallée de la Reuss, de la Linth et du Rhin par des profils-coupes. Un travail analogue a été fait par E. Gogarten sur les terrasses d'érosion du Linthal. Ajoutons encore qu'en 1894 A. Penck donna la première définition exacte de la constance des hauteurs, déjà signalée par Targioni, et qu'en 1909 Ed. Brückner essaya de reconstruire la surface préglaciaire du plateau suisse au moyen des sommets actuels.

Depuis 1919, à la suite des travaux de Penck, a été introduit pour ce phénomène le terme de « *Gipfel-flur* », rendu par « constance, subégalité ou tangence »

des sommets. Albert Heim a consacré en 1922, une publication spéciale à cette « Gipfelflur », qui, d'après lui, dépend surtout de la base d'érosion.

Pour terminer ce court historique, je signale encore un travail du Dr Paul Beck, géologue à Thoune, qui dans son livre *Grundzüge der Talbildung im Berner Oberland* (1921), attire l'attention sur les terrasses d'érosion dans l'Oberland bernois, spécialement dans la région du Stockhorn. Ses observations ont une grande importance pour notre problème, parce qu'elles se basent sur une nouvelle carte géologique très détaillée à l'échelle 1 : 25 000 levée par lui et le Dr E. Gerber à Berne, dans les années 1911 à 1922.

Nous voyons donc que le problème en question est très actuel ; il occupe à la fois les géologues et les géographes, mais il est encore loin d'être complètement résolu !

J'ai essayé de reconstruire les anciennes surfaces d'érosion, c'est-à-dire les trois niveaux et les deux gradins par courbes de niveaux. Pour cela, il fallait naturellement partir de points relativement sûrs, soit des points ou surfaces que nous pouvons considérer comme des « témoins » ou des « restes » de ces anciennes surfaces relatives.

Pour le niveau I (molasse) j'ai basé la reconstruction sur les points les plus élevés du pays, en laissant toutefois de côté les points trop exposés à l'érosion, comme ceux de la zone Aar-Gürbe, de la plaine de Bulle, etc.

Le niveau II (Berra) s'appuie sur les sommets arrondis de la zone du flysch, Gurnigel-Selibühl-Pfeife-Schweinsberg-Berra. En outre, nous considérons comme restes de cette « Flur » les crêtes qui descendent

de la chaîne bordière vers le nord. Ces crêtes sont surtout visibles du Selibühl ou de l'Ochsen. Nous les trouvons bien marquées aussi sur les cartes topographiques, même sur celle au 1 : 100 000. Une de ces crêtes descend du Gantrisch, une autre de la Bürglen dont fait partie le Birrehubel, point 1852 ; une autre crête descend de l'Ochsen, de la Mähre et du Kaiseregg. Il serait trop long de les étudier ici en détail. Résumons seulement leurs traits caractéristiques :

1. Les crêtes sont toutes orientées S.-N.
2. Elles sont parallèles aussi, en ce qui concerne leur hauteur.
3. Elles deviennent de plus en plus longues de l'E vers le W.
4. Elles se composent de terrains géologiques tout à fait différents, c'est-à-dire, à l'E de terrains mésozoïques, à l'W principalement de flysch.
5. Leur architecture géologique n'a pas d'influence sur leurs formes symétriques.

Tout cela nous permet de conclure que nous n'avons pas à faire ici à des formes tectoniques, mais bien à des *formes d'érosion*. La coïncidence de la hauteur de ces crêtes avec celles de la chaîne Gurnigel-Berra est très frappante et nous autorise à les considérer, avec la chaîne de flysch en avant, comme *les restes d'une ancienne surface d'érosion*. (Niveau II, Berra.)

Pour reconstruire la surface de niveau III (niveau du Stockhorn) nous nous sommes servis de points comme le Lasenberg (2020 m) avec son plateau considérable, le sommet en forme de crête du Stockhorn (2192 m), le plateau du Walalpgrat (1915 m), le

plateau au sommet du Gantrisch (2177 m), le plateau très étendu de la Bürglen (2167 m), le petit plateau au sommet de l'Ochsen (2190 m), etc...

Dans des cas douteux, nous préférons comme « témoins » des points ou des surfaces situés dans des terrains durs mais perméables, comme le Malm et la Craie inférieure. Ces terrains perméables conservent mieux les anciennes formes, que d'autres terrains durs aussi, mais imperméables.

Si nous regardons la carte en courbes de niveau ainsi construite (*fig. 2*), nous constatons que la division morphologique en trois niveaux, correspond aussi à la division géologique en trois parties, savoir :

Niveau I = Molasse.

Niveau II = principalement Flysch.

Niveau III = Calcaire.

Les zones et les gradins sont parallèles au bord des Alpes.

La *surface de niveau I* (le pays molassique) monte de 700 m jusqu'à 1000, respectivement jusqu'à 1200 m. La pente, qui est environ de 2,8 % est dirigée des Alpes vers le Jura. Notons en passant, que Heim parle d'une surface tertiaire du « Mittelland » à l'altitude de 600-1200 m.

En regardant les cours d'eau de cette région, nous constatons que la Gérine, le Gotteron, la Schwarzwasser et le Scherlibach suivent assez exactement l'ancienne pente, tandis que la Sarine et la Singine paraissent avoir dévié au N.-E.

D'après notre carte, il faut considérer la direction NW comme primaire ou conséquente des cours d'eaux. Nous pouvons très bien admettre que la Sarine a pris pendant un certain temps la direction Bulle-

Romont ; la Singine, la direction Planfayon-Gotteron-

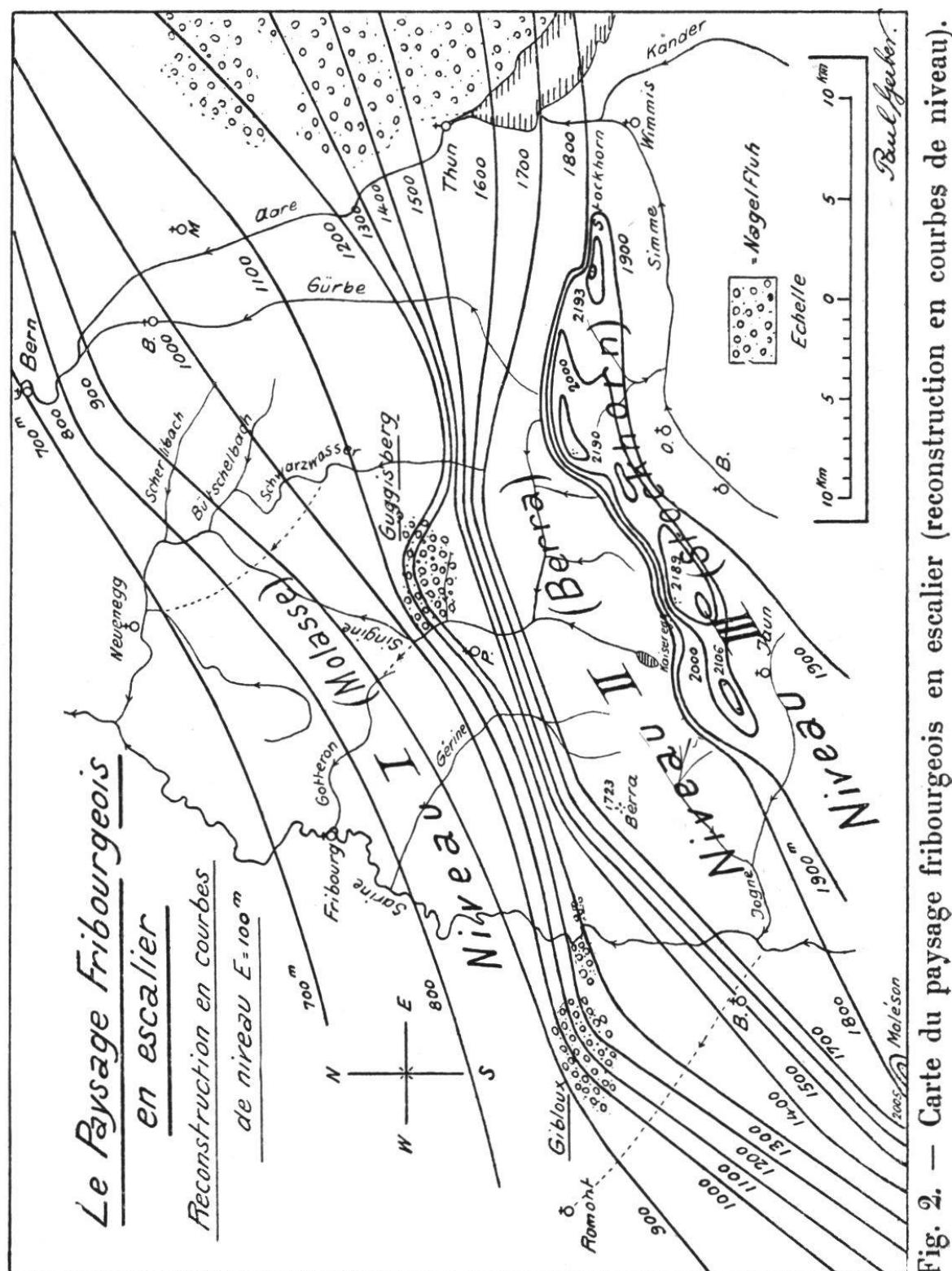


Fig. 2. — Carte du paysage fribourgeois en escalier (reconstruction en courbes de niveau).

Fribourg et la Schwarzwasser, la direction Elisried-Albligen-Flamatt (*voir lignes pointillées, fig. 2*). Ces

cours d'eau se trouveraient ainsi dans la direction de la plus grande pente, indiquée par notre carte en courbes de niveau.

Le premier gradin monte de 1000, m respectivement

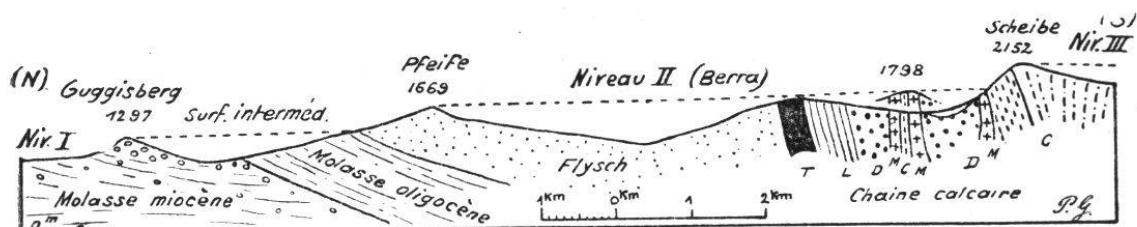


Fig. 3. — Profil géologique Guggisberg-Scheibe
(d'après V. Gilliéron et E. Gerber).

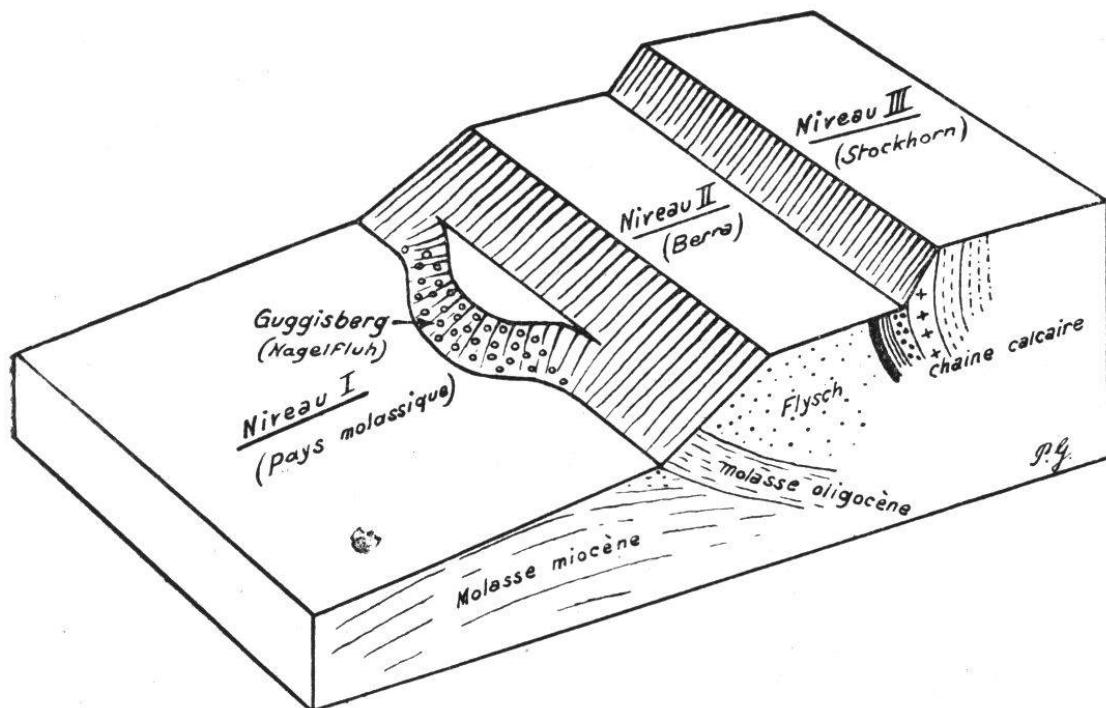


Fig. 4. — Stéréogramme du paysage en escalier à l'W de l'Aar.

de 1200 à 1700 m. ; il se trouve généralement dans le flysch. Dans la région du Guggisberg et du Gibloux, le gradin se divise en deux, par l'apparition d'un complexe plus résistant, en Nagelfluh (fig. 3 et 4). La partie supérieure de la région, entre les deux gradins partiels, occupée par la molasse oligocène (untere

Süsswassermolasse) moins résistante, a été érodée. Nous sommes donc ici en présence d'un *phénomène typique de l'érosion et de la dénudation*.

De l'autre côté de l'Aar, le niveau I (molasse) et le niveau II (Berra) ne sont pas bien distincts (*fig. 5*). C'est que toute cette région qui, plus loin, contient le Napf, est entièrement formée de la même roche, la *Nagelfluh*, de dureté constante.

Conclusion : *C'est donc l'érosion, s'exerçant sur des*

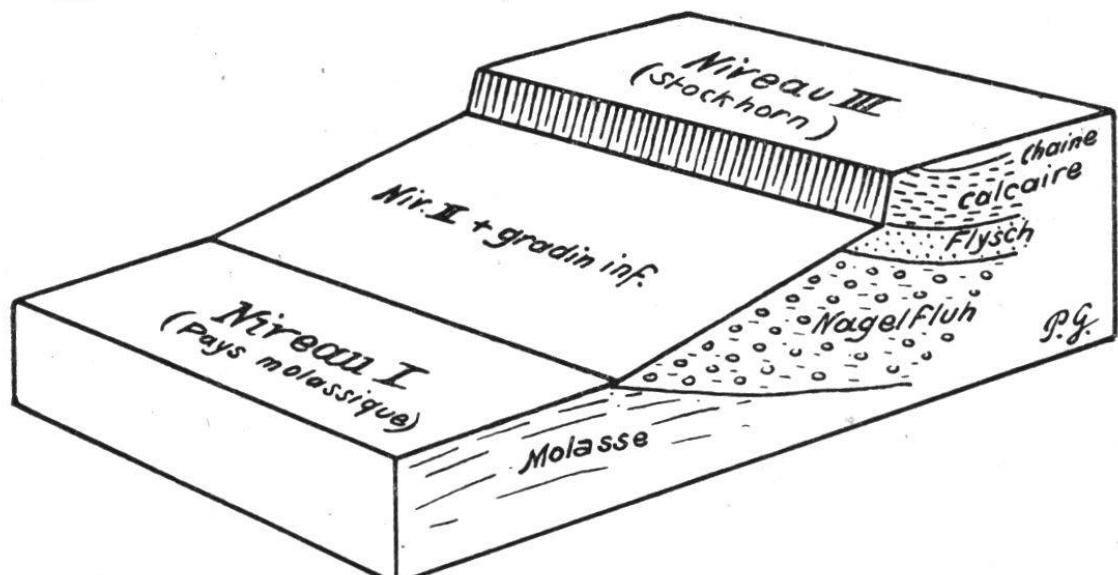


Fig. 5. — Stéréogramme du paysage en escalier à l'E de l'Aar.

roches de dureté différente, qui a mis en saillie le gradin inférieur du bord des Alpes. (Voir les exemples typiques du Guggisberg et du Gibloux.)

Pour qu'il n'y ait pas de malentendu, ajoutons immédiatement, que les couches géologiques ont bien été placées par la tectonique (plissement et chevauchement), mais le modelé actuel du gradin inférieur est l'œuvre de l'érosion et de la dénudation.

Le *niveau II* (Berra) se trouve d'après notre reconstruction vers 1700-1800 m et, de là, le *gradin supérieur* presque vertical, monte au *niveau III* (Stockhorn).

Cette « Stockhornflur », basée sur les hautes sur-

faces de la chaîne du Stockhorn, conservées par l'érosion, est tangente à l'altitude 2200 m. Elle se présente sur notre carte comme un pays de collines avec plusieurs centres de hauteurs. Nous la considérons comme une image relative de la surface d'érosion pliocène, ne se trouvant naturellement plus dans l'état originel. Même les « témoins » les plus « sûrs », comme les hautes surfaces de la Bürglen et du Lasenberg, ont subi l'influence de l'érosion et de la dénudation, mais d'une manière moins intense, à cause des terrains perméables du crétacique dont elles se composent. A travers les terrains perméables, l'eau s'infiltre sans ruisseler et sans avoir, par conséquent, d'action importante sur le modelé superficiel. Ainsi s'explique ce phénomène, que les terrains perméables conservent mieux les anciennes formes que les terrains imperméables.

Pour pouvoir affirmer que le gradin supérieur du bord des Alpes est également l'œuvre de l'érosion, j'ai entrepris des études très détaillées à l'intérieur de la chaîne du Stockhorn.

Dans la région du Stockhorn on trouve un grand nombre de surfaces presque horizontales, qui nous font l'impression d'anciennes surfaces d'érosion. Etant donnés leur grand nombre et leur étendue parfois restreinte, j'ai essayé de représenter le tout dans des profils spéciaux, appelés *profils de formation des vallées* (« Talbildungsprofile »).

Dans ce but, j'ai calculé au moyen du *Planimètre*, sur des agrandissements photographiques au 1 : 10 000 de l'Atlas Siegfried toutes les *surfaces horizontales* comprises *entre les courbes de niveau de 30 en 30 mètres*, pour toute la chaîne, en distinguant les bassins suivant lesquels se répartissent les eaux, soit en tout 41

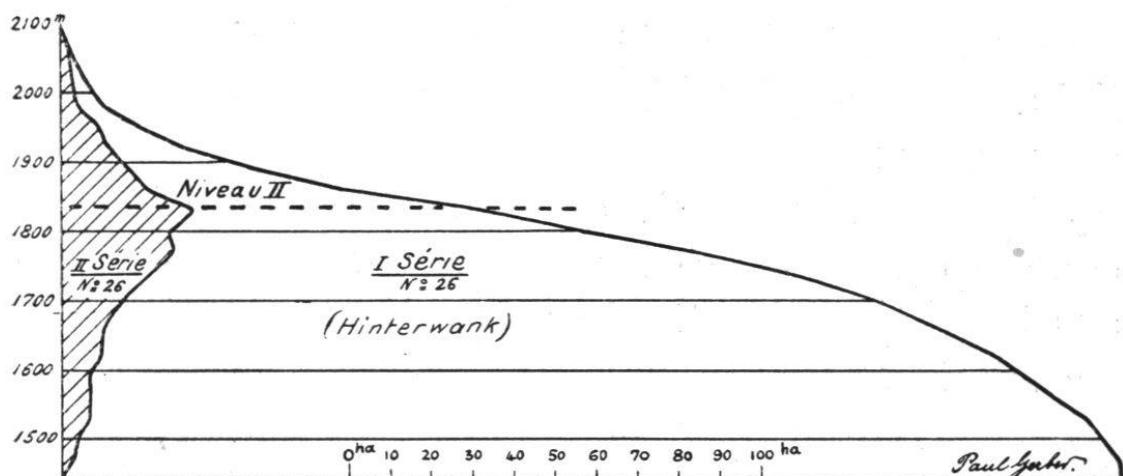


Fig. 6. — Profils de formation des vallées, séries I et II (bassin hydrographique N° 26, « Hinterwank »).

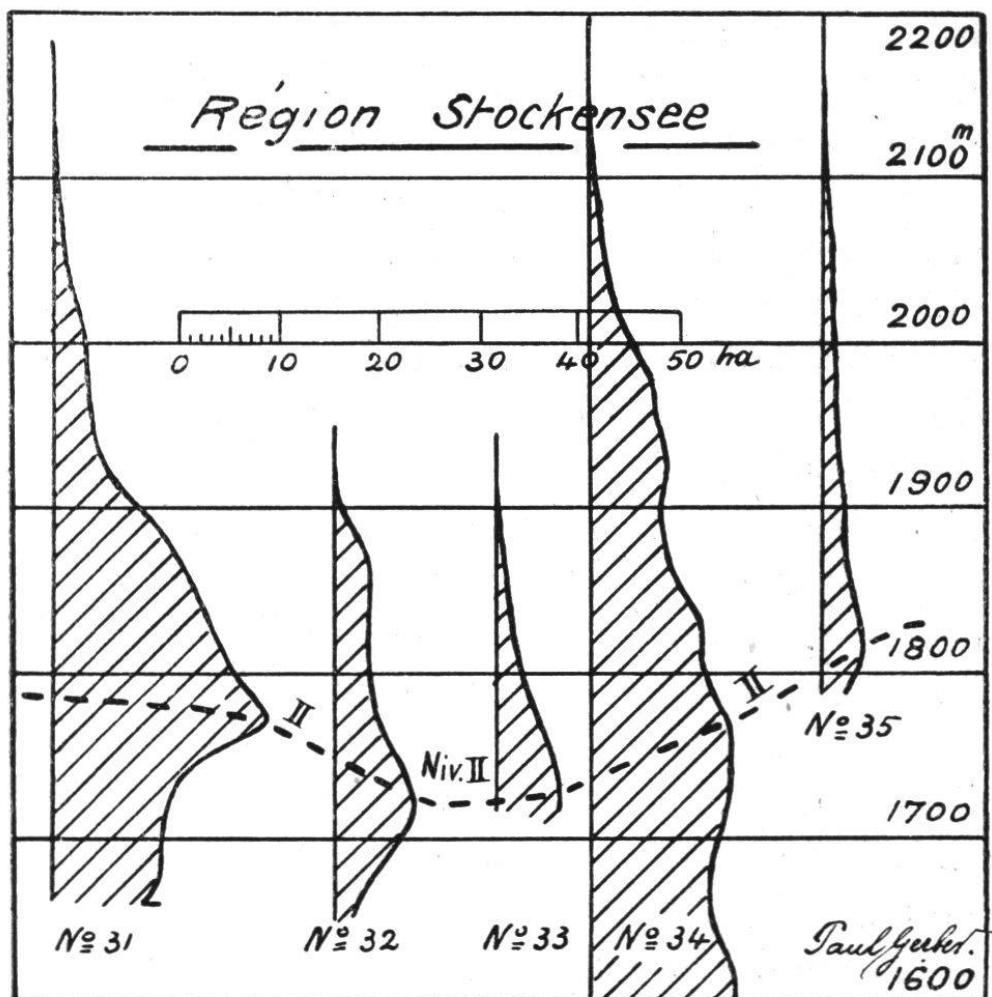


Fig. 7. — Profils de formation des vallées, série II (bassins hydrographiques N°s 31-35, région des lacs du Stockhorn).

bassins hydrographiques avec plus de 1200 surfaces.

D'après le tableau de ces surfaces ainsi calculées, j'ai alors construit trois séries de profils de formation des vallées :

Série I (41 profils), en rapportant les altitudes comme ordonnées et les surfaces cumulées comme abscisses (*fig. 6*). Cette figure montre à droite le profil № 26 du bassin hydrographique « Hinterwank ».

Série II (41 profils), en rapportant également les altitudes comme ordonnées mais les surfaces non cumulées comme abscisses. La même figure 6 montre à gauche le profil correspondant du même bassin hydrographique № 26.

On voit que, dans la première sorte de profils, la présence d'une surface d'érosion générale est indiquée par une diminution de la pente de la courbe, tandis que le profil de la seconde série nous montre la même chose par un maximum de l'abscisse. Les profils (*fig 6*) mettent en évidence un niveau d'érosion entre 1800—1900 m d'altitude (Niveau II). Les profils № 31-35 de la région des lacs du Stockhorn (*fig. 7*) montrent le même niveau II (Berra) très bien marqué à une altitude de 1700—1800 m.

Série III, profils par régions et *profil général* (*fig 8*). Cette figure montre les profils d'ensemble des régions Bunschibach, Gürbe, Stockhorn, Stockensee et, à droite, le profil général de toute la chaîne du Stockhorn. L'étude de ces profils nous confirme la présence d'une ancienne grande surface d'érosion à l'intérieur de la chaîne du Stockhorn, correspondant au Niveau II (Berra) à l'extérieur de la chaîne.

En me basant sur ma connaissance du pays, sur les vues panoramiques dessinées, photos, coupes géologiques, reconstruction en courbes de niveau, stéréo-

grammes, panorama en projection parallèle, surfaces d'érosion à l'intérieur de la chaîne du Stockhorn rapportées sur une carte au 1 : 10 000 et au 1 : 50 000,

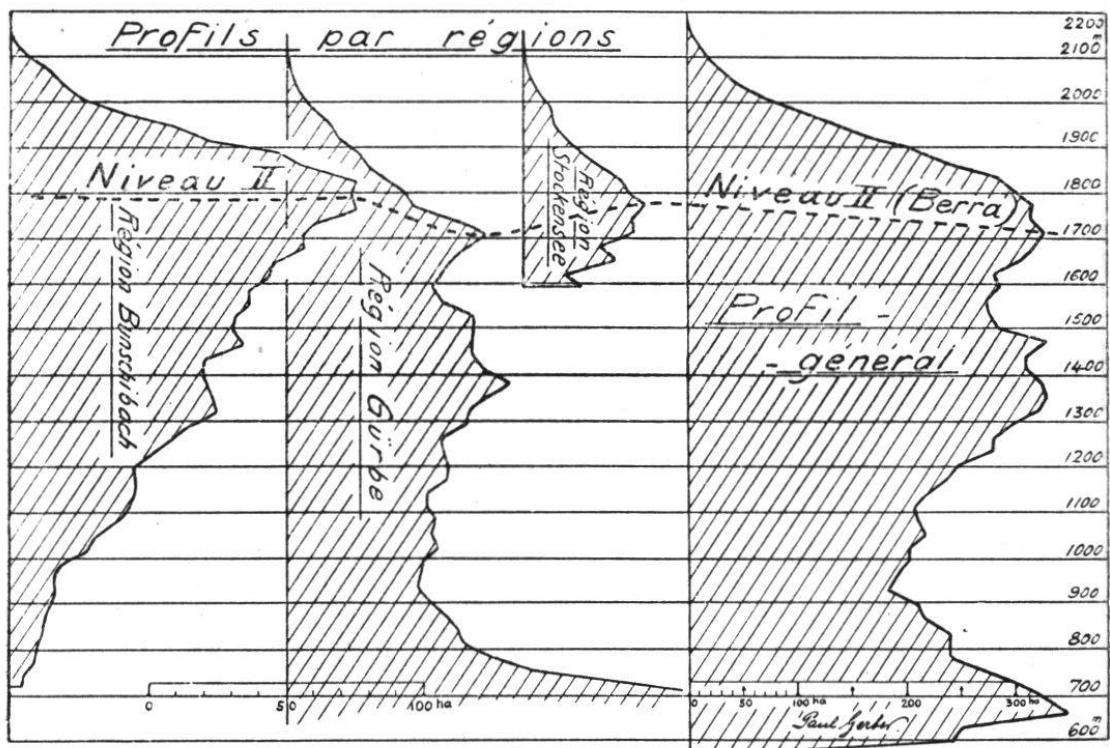


Fig. 8. — Profils de formation des vallées, série III
(profils par régions et profil général de la chaîne du Stockhorn).

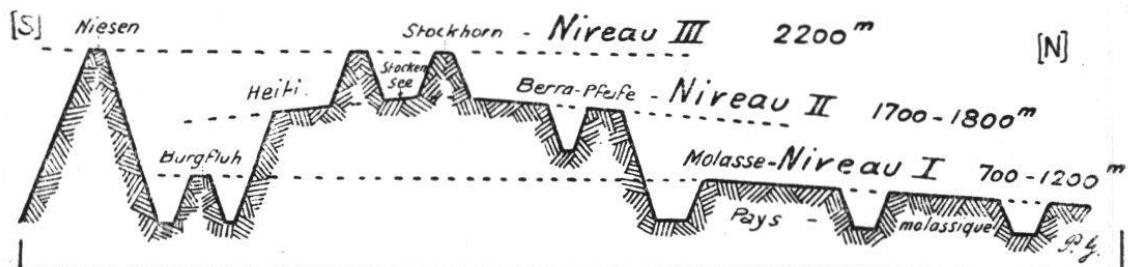


Fig. 9. — Coupe schématique de la chaîne du Stockhorn
(avec les trois grands niveaux d'érosion III, II et I).

ainsi que sur les calculs et les nombreux profils de formation des vallées, j'arrive à la conclusion, que *le gradin supérieur du bord des Alpes est également l'œuvre de l'érosion* comme nous l'avons déjà démontré pour le gradin inférieur et que *le creusement des vallées*

s'est fait par étapes, souvent modifiées par les glaciers. La *fig 9* est une coupe schématique de la région étudiée qui montre les trois grandes étapes de l'érosion, c'est-à-dire les niveaux relatifs III et II et I.

Conclusion générale :

Le paysage fribourgeois en escalier qui se compose de trois surfaces et de deux gradins est l'œuvre de l'érosion et de la dénudation et l'on peut dire, que si la tectonique a déterminé la mise en place des terrains, c'est à l'érosion que l'on doit le modelé actuel du pays.

N.B. — La communication que l'on vient de lire, est le résumé de la thèse de doctorat de l'auteur, présentée en 1924 à la Faculté des Sciences de l'Université de Fribourg sous le titre : *Morphologische Untersuchungen am Alpenrand zwischen Aare und Saane (Freiburger Stufenlandschaft)* et qui paraîtra sous peu.

Séance du 30 avril 1925.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

1. *Sur la géologie de la Berra et l'emplacement originel du Flysch des Préalpes externes*, par M. le Dr J. TERCIER.

La chaîne de la Berra est ce large tronçon de la nappe des *Préalpes externes* ou *Préalpes bordières* qui, au sud et au sud-est de Fribourg, fait suite au petit massif calcaire de Montsalvens. Elle apparaît comme une zone de transition morphologique entre la région molassique et les *Préalpes médianes*.

Entre le village de la Roche et la Singine, rivière qui la sépare de la chaîne du Gurnigel, la Berra comporte une masse extrêmement puissante de Flysch reposant sur un soubassement molassique.

Ce *soubassement molassique* comprend un élément autochtone, la **Molasse marine**, d'âge burdigalien et vindobonien. Sur cette Molasse qui s'incline assez faiblement vers les Alpes, repose par chevauchement la **Molasse d'eau douce** aquitanienne. A son tour, ce dernier terrain est chevauché par le **Grès de la Guiga**, complexe molassique d'âge stampien (rupélien), jusqu'à maintenant méconnu ou confondu avec le Flysch et qui a probablement son équivalent à l'est de la Singine dans le Goldeggssandstein et le Jordisbodenmergel décrits par le Dr E. Gerber¹.

Le *Flysch de la Berra* débute généralement par un complexe de « Wildflysch » plus ou moins épais. A ce niveau essentiellement schisteux succède un ensemble de grès et de marnes subordonnées, terme supérieur du Flysch auquel on a donné le nom de « Grès du Gurnigel ».

Des inclusions, tant stratigraphiques que tectoniques, rendent particulièrement intéressante l'étude du **Wildflysch**.

Les *inclusions stratigraphiques* sont constituées par ce que les anciens auteurs ont appelé les « blocs exotiques ». A la Berra, ces blocs sont ordinairement de petite taille et ceux qui dépassent 1 m³ sont l'exception : par contre, ils sont, par endroits, extrêmement abondants. Au sud-ouest du sommet de la Berra, près

¹ E. Gerber, *Ueber die subalpine Molasse zwischen Aare und Sense*. Verhandl. der schweiz. naturf. Ges., Bern, 1922.

de sus Cressin, on trouve des centaines de ces blocs, répartis sur un très court espace : ils montrent une très grande diversité de roches. On en observe également sur le versant externe de la région des Paquiers (région comprise entre le col de la Bodevenaz, au nord du Bifé et le sommet de la Berra), au voisinage direct de lames tectoniques. A l'est de la Valsainte, près des Echelettes, des blocs exotiques de grandes dimensions, apparaissent dans une zone intensément disloquée et qui rappelle les affleurements les plus typiques de la vallée d'Habkern. On peut encore mentionner une brèche granitique très grossière qui accompagne une lame de charriage au sud de Planfayon. D'autres blocs s'observent à l'un ou l'autre endroit encore, mais il n'est pas possible de les signaler tous dans le cadre de cette note préliminaire.

De petits bancs de calcaire clair à Rosalines et à Globigérines apparaissent souvent aux abords des schistes à blocs exotiques et des bancs de brèches. Fait intéressant, ces calcaires à Foraminifères microscopiques englobent par place des petits galets de roches exotiques.

Quant au mode de mise en place des blocs exotiques, on rencontre à la Berra les deux cas possibles. Les blocs volumineux et peu variés de Im Kloster, ceux, mais déjà dans une moindre mesure, des Echelettes, représentent les éléments d'une brèche de rivage. Ailleurs, par contre, notamment à sus Cressin, la très grande variété des roches (il y a au moins 40 à 50 types de roches cristallines et sédimentaires) ne s'explique que par un transport par les eaux ; d'ailleurs, toujours dans ce cas, les blocs sont de petit format et partiellement roulés.

Cette grande variété des blocs exotiques rend aisée leur étude systématique.

Parmi les roches cristallines, il faut mentionner la fréquence des porphyres (porphyres quartzifères rouges et verts, porphyrites vertes, tufs porphyriques, etc.). Quelques-unes de ces roches ont déjà été minutieusement décrites par M. Ch. Sarasin¹. En compagnie de granites roses et rouges à texture très variable, on trouve des granites verts, qui, mieux que les autres, permettent une identification d'origine.

Les roches sédimentaires sont largement représentées parmi les blocs exotiques.

On reconnaît du calcaire dolomitique du Trias : quant au Trias austro-alpin, il semble faire défaut.

Le Liás est surtout caractérisé par des lumachelles à Térébratules passant, soit à un grès, soit à une roche siliceuse, par des calcaires gréseux à Pecten, et notamment par des calcaires à entroques et des brèches échinodermiques pourvues d'une assez riche faune et englobant des galets de granites rouges et verts, des schistes cristallins, etc...

Le Dogger est peu représenté. Le Malm, au contraire, est bien individualisé. Il est en général formé de calcaires compacts, de teinte claire, avec parfois des Ammonites et des Bélemnites. Très fréquemment ces calcaires passent peu à peu latéralement à un faciès gréseux et aboutissent à une brèche à éléments calcaires et cristallins (granites rouges, etc.), au milieu desquels on trouve encore des Aptychus.

La roche la plus représentative du Crétacé inférieur est le calcaire à Orbitolines. Ce calcaire se présente

¹ Ch. Sarasin, *De l'origine des roches exotiques du Flysch.* Arch. Sc. phys. et nat. Genève, 3^o pér., vol. XXX et XXXII, 1894.

sous divers aspects, tantôt compact, tantôt grèseux, tantôt bréchoïde : les Orbitolines sont bien visibles, car elles atteignent 5 à 10 mm. : c'est peut-être l'*Orbitolina conoïdea-discoïdea*, Grass. de l'Aptien¹. On recueille également des blocs de brèche dans laquelle est le calcaire à Orbitolines. Ce calcaire se présente des fragments de dolomie, de granites rouges, etc., sont cimentés par du calcaire à Orbitolines. En coupes minces, ces calcaires se montrent pétris de magnifiques Orbitolines, de Miliolidés, de Diplopores, etc.

Je n'ai pas trouvé de radiolarites dans les gisements précités de blocs exotiques. Mais, dans un affleurement de Wildflysch situé à l'est de la Roche, au bas de l'escarpement du Cousimbert, on observe quelques fragments d'une radiolarite verte. En petits galets, on en remarque également dans le Grès du Gurnigel.

Il importe de distinguer avec soin des blocs exotiques, les *lames de charriage* dont la présence dans le Wildflysch relève de phénomènes tectoniques.

Les lames de la région des Paquiers ont déjà été décrites en grande partie par V. Gilliéron². Les travaux récents de Arn. Heim³ et de O. Büchi⁴ n'en ont pas

¹ Je dois au Dr E. Gagnebin, de Lausanne, un certain nombre de déterminations des plus précieuses, ainsi que de très nombreux renseignements. M. le professeur P. Arbenz, de Berne, a mis très obligeamment à ma disposition des échantillons de roches déposés à l'Institut géologique de l'Université de Berne. Que ces géologues reçoivent ici l'expression de ma vive gratitude.

² V. Gilliéron, *Alpes de Fribourg en général et Montsalvens en particulier*. Mat. Carte geol. Suisse, liv. XII, 1873.

³ Arn. Heim, *Geologie des Mont Bifé am Freiburger Alpenrand*. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, Bd. LXV, 1920.

⁴ O. Büchi, *Geologische Untersuchungen im Gebiete der*

épuisé tout l'intérêt. Qu'il me suffise de mentionner ici l'un ou l'autre fait. Les roches nummulitiques de la Chablex, bien qu'incluses tectoniquement dans le Wildflysch, ont une parenté indéniable avec le Flysch de la Berra : le calcaire à Lithothamnies et le calcaire bréchoïde qui constituent la majeure partie de la lame, renferment les mêmes granites roses que ceux qu'on trouve si abondamment en blocs exotiques dans le Wildflysch et en petits galets dans le Grès du Gurnigel. Dans la même région, le Malm des lames de la Teraillonnaz a un faciès très particulier : un calcaire compact, blanchâtre, à Aptychus et à Bélemnites, passe latéralement et graduellement, à un calcaire spathique brun, qui se transforme bientôt en une véritable lumachelle à Aptychus : cette dernière roche passe enfin brusquement à une sorte de quartzite bariolé des plus curieux.

Dans la zone de débris du Burgerwald, au flanc nord du Cousimbert, il faut citer la lame de gypse triasique de la Gipsfluh, célèbre par ses émanations de gaz hydrocarburé¹ et un affleurement de calcaire triasique près de Grossschwand (1047 m.).

Au sud de Planfayon, dans les abords de Im Kloster, j'ai découvert deux lames tectoniques de nature assez particulière. La première se compose de calcaire à Lithothamnies et à Nummulites, à faciès partiellement gréseux, partiellement compact : elle s'accompagne de calcaire du Malm. La seconde est faite de

Préalpes externes zwischen Valsainte und Bulle. Mém. Soc. fribourg. Sc. nat., vol. X, fasc. 1, 1923.

¹ Voir à ce sujet le travail de R. de Girard et E. de Buman : *Les Gîtes d'hydrocarbures de la Suisse occidentale.* Mém. Soc. frib. Sc. nat., vol. VIII, fasc. 1, 1913.

deux bancs d'un calcaire compact, à *Aptychus*, et qui passe latéralement à un calcaire grèseux et finalement à un grès quartzeux assez grossier et qui rappelle beaucoup certains grès du Flysch : cependant il ne s'agit nullement d'une transgression nummulitique, mais, comme à la Teraillonnaz, d'un faciès particulier du Malm. C'est à cette lame que succède la brèche granitique dont j'ai fait mention plus haut.

Aux Echelettes, au voisinage immédiat de blocs exotiques et de brèches du Wildflysch, surgissent trois lames de calcaire du Malm ; deux d'entre elles ont déjà été décrites par Gilliéron. Le calcaire grèseux et marneux qui les accompagne n'est ni du Crétacé inférieur des Préalpes externes, ni du Néocomien des Préalpes médianes, comme on l'a supposé ; c'est du calcaire du Wildflysch et qui forme une série de traînées parallèles.

Cependant, le Wildflysch n'occupe à la Berra que des espaces restreints, et, à part la région des Paquiers et des Botteys où son extension est assez considérable et celle des Echellettes, il apparaît seulement en bordure de la chaîne, à quelques endroits privilégiés. Tout l'intérieur du massif Berra-Kapberg-Schweinsberg est constitué par la masse très puissante du **Grès du Gurnigel**. L'abondance des feldspaths, en partie néogènes, est une des caractéristiques pétrographiques des grès de ce Flysch. En outre, on retrouve dans ces grès souvent bréchoïdes, la plupart des éléments exotiques décrits pour le Wildflysch.

L'âge du Grès du Gurnigel est déterminé par les *Nummulites*. Ces fossiles, contrairement à ce qui a été affirmé pendant longtemps, sont très abondants à la Berra. On les trouve généralement dans des grès

grossiers, dans des arkoses et dans des petites brèches. Les assises à Nummulites, le plus souvent bien en évidence dans le relief adouci du Flysch, se suivent fréquemment pendant plusieurs centaines de mètres et même pendant plusieurs kilomètres. Les principaux niveaux s'observent au sud-sud-est du sommet de la Berra (entre Bigitoz et le gros Vez), sur les hauteurs du Stockberg-Kapberg (au moins cinq niveaux importants) et surtout au Schweinsberg (Poffetsrain, Höllbach, du P. 1203 vers le chalet 1524, ravins de In der Höll ; abords du Grosser Schweinsberg ; niveaux particulièrement importants de Stuckischwand-Rothenbach-Schlössisbödeli - Lägerlilauenen - Tierliberg-Zorettliegg) ¹.

Parmi les Nummulites, les espèces les plus fréquentes sont : *Num. Partschi* de la Harpe (= *Num. gallensis* Heim), *Num. striatus*, Brug., *Num. irregularis* Desh., *Num. complanatus*, Lam., puis *Assilina exponens*, Sow., *Assilina granulosa* d'Arch. On trouve encore plusieurs espèces d'Orthophragmines, des Operculines, des Bryozoaires en quantité suffisante pour caractériser certains grès (carrière de Zollhaus, Gipsfluh, etc.).

Cette faune situe le Grès du Gurnigel dans le Lutétien supérieur et l'Auversien : je n'ai pas trouvé de preuves certaines en faveur d'un âge bartonien ou ludien pour une partie de ce Flysch. La détermination d'âge du Grès du Gurnigel permet, avec une approximation relative, de dater le Wildflysch. Ce dernier, sous-jacent au Grès du Gurnigel, contient de très rares

¹ On trouvera tous ces noms sur la carte au 1: 25 000, échelle à laquelle j'ai levé le territoire de la Berra.

petites Nummulites absolument indéterminables, ainsi que quelques Orthophragmines. Sa partie supérieure est probablement lutétienne. Mais quand a-t-il débuté? Plusieurs géologues envisagent le Wildflysch de la Suisse centrale et orientale comme représentant l'Eocène inférieur et le font descendre jusque dans le Crétacé supérieur. Mes recherches à la Berra ne m'ont rien fourni de positif qui infirme ou confirme cette interprétation.

On s'est préoccupé depuis fort longtemps de savoir d'où pouvaient provenir les blocs exotiques inclus dans le Flysch des Préalpes externes, dans le Flysch des Préalpes internes et d'Habkern, dans celui d'autres régions également. La grande difficulté est de retrouver quelque part dans les Alpes des roches en place semblables à celles des blocs exotiques. De telles découvertes permettraient de préciser avec une assez grande approximation l'emplacement originel de ces Flyschs.

En 1894 déjà, M. Ch. Sarasin a insisté sur les profondes analogies de certaines roches exotiques de la Berra avec des roches des versants méridionaux des Alpes¹. D'autres hypothèses ont encore été émises, mais il ne m'est pas possible de les mentionner ici. Cependant, dans son ensemble, le problème de l'origine et de l'emplacement du Flysch ne fit pendant longtemps que des progrès de détails, car il reposait sur une interprétation inexacte des blocs exotiques. En assimilant ces blocs aux klippes et aux lames de charriage, on leur attribuait une origine tectonique qu'ils n'ont

¹ Loc. cit.

pas. Un indispensable progrès fut réalisé lorsque M. Arn. Heim pour les blocs exotiques¹, et le professeur M. Lugeon pour les calcaires du Wildflysch² montrèrent que ces blocs représentaient non pas des inclusions tectoniques dans la masse du Wildflysch, mais les dépôts d'une sédimentation très complexe de ce Wildflysch³.

Après avoir insisté sur le fait bien établi de l'intercalation stratigraphique des blocs exotiques dans le Flysch, M. Lugeon en 1916⁴ envisage l'emplacement originel du Flysch préalpin à éléments exotiques. Il se base pour cela sur les raccords incontestables qu'il a découvert entre les Préalpes internes et la zone de Sion (nappes de la Plaine-morte et du Mont Bonvin). Pour lui, l'ensemble du Wildflysch des Préalpes externes et des Préalpes internes est *ultra-helvétique*, et sa racine est à chercher entre la nappe du Wildhorn et les nappes penniques. La difficulté de retrouver le lieu d'origine des blocs exotiques s'expliquerait, dans cette hypothèse, par le fait que les massifs qui

¹ Arn. Heim, *Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch*. Ecl. geol. Helv., vol. IX, no 3, 1907.

² M. Lugeon, *Sur l'origine des blocs exotiques du Flysch préalpin*. Ecl. geol. Helv., vol. XIV, no 2, 1916.

³ On a la preuve directe de la vérité de ces deux faits à la Berra. Entre les éléments qui constituent les brèches interstratifiées très fréquemment dans les schistes du Wildflysch et les roches des blocs exotiques, il n'y a aucune différence pétrographique, mais uniquement une différence de faciès, les unes s'étant déposées dans un milieu gréseux capable de les agglutiner, les autres dans un milieu schisteux qui ne peut que se mouler autour d'elles. Bien plus, on peut trouver, ainsi que je l'ai déjà dit, des petits galets exotiques englobés dans les calcaires zoogènes du Wildflysch.

⁴ Loc. cit.

ont fourni ces débris sont actuellement enfouis sous les nappes penniques.

C'est à cette conclusion que se rallie en 1918, le professeur A. Buxtorf¹, en s'appuyant sur les rapports tectoniques du Flysch d'Habkern et des Schlieren, lesquels, à l'est de l'Aar, sont les homologues du Flysch de la Berra.

L'étude des blocs exotiques de la Berra m'a fourni quelques résultats nouveaux, qui m'amènent à douter que tout l'ensemble de ce Flysch soit d'origine ultra-helvétique. Il ne s'agit pas de nier les raccords démontrés par M. Lugeon entre les Préalpes internes et les nappes helvétiques ; mais on peut se demander si les Préalpes externes ne sont pas beaucoup plus complexes qu'on ne l'a supposé, et si à des éléments ultra-helvétiques qui formeraient les lames mésozoïques du Niremont et du Montsalvens ne vient pas se superposer une masse de Flysch qui, elle, en grande partie au moins, aurait une origine différente.

Voyons donc, à cet égard, la nature de ces blocs exotiques et les analogies qu'ils suggèrent.

Ni le Trias, ni le Dogger n'apportent d'arguments quelconques : leur faciès est banal. Dans les roches échinodermiques du Lias, il faut noter la présence de galets de granites rouges et verts. Ces inclusions de roches exotiques sont bien plus manifestes dans les calcaires du Malm. Ce Malm, qu'on retrouve d'ailleurs avec son faciès détritique dans certaines écailles tectoniques (Im Kloster, la Teraillonnaz) a les plus grandes analogies avec celui d'une unité particulière

¹ A. Buxtorf, *Ueber die tektonische Stellung der Schlieren und Niesen-Flyschmasse*. Verhandl. Naturf. Ges., Basel, Bd. XXIX, 1918.

des Alpes, la *nappe du Falknis*, dont les vestiges les mieux conservés s'observent dans le Rhätikon. Evidemment, comme le fait remarquer M. Lugeon, « l'analogie de faciès ne signifie pas parenté tectonique ». Cependant les présomptions en faveur d'une relation d'origine entre la nappe du Falknis et le Flysch de la Berra reçoivent une sorte de confirmation si l'on considère le fait important suivant : les roches à Orbitolines en inclusion dans notre Wildflysch correspondent nettement au « Tristelkalk » et à la « Tristelbreccie » si bien décrits par D. Trümpy¹. Or, ces roches, très caractéristiques de la nappe du Falknis, sont totalement inconnues dans la zone ultra-helvétique, d'où l'on pensait faire dériver le Wildflysch. Autre fait, les radiolarites sont également étrangères aux régions ultra-helvétiques tandis qu'elles sont fréquentes, sinon dans la nappe du Falknis, dans diverses unités austro-alpines.

Enfin les granites verts exotiques ne sont pas discernables des granites de la nappe d'Err, notamment du granite de Tasna. Ces mêmes granites s'observent également en inclusions dans le Malm du Falknis. De même, les granites roses et les porphyres rouges exotiques qui accompagnent les granites verts proviennent très probablement des régions austro-alpines.

Il semble donc bien que le Flysch de la Berra résulte de l'accumulation de matériaux originaires des nappes austro-alpines inférieures, particulièrement de la plus inférieure d'entre elles, la nappe d'Err et de sa

¹ D. Trümpy, *Geologische Untersuchungen im westlichen Rhätikon*. Beitr. z. geol. Karte des Schweiz., N. F. XLVI, Lief, II Abteil., 1916.

couverture sédimentaire représentée, au moins en partie, par la nappe du Falknis.

En effet, grâce aux recherches de D. Trümpy, de J. Cadisch, de R. Staub, et d'autres géologues encore, nous savons aujourd'hui d'une façon assez certaine, où rattacher la nappe du Falknis : elle est située dans la région austro-alpine, en bordure immédiate du géosynclinal pennique¹, quoique son faciès rappelle dans une certaine mesure celui de certaines nappes helvétiques. Le professeur P. Arbenz a insisté sur ce caractère helvétique d'entités lithologiques du Falknis, ce qui laisserait supposer un enracinement au voisinage des nappes helvétiques². La position très septentrionale de la nappe du Falknis dans le système austro-alpin suffit, je crois, pour expliquer cette parenté d'ordre stratigraphique avec les nappes helvétiques, qui, de l'autre côté du géosynclinal pennique, faisaient directement face à la nappe du Falknis. L'origine austro-alpine de cette nappe est d'ailleurs confirmée par la présence dans le Malm de roches cristallines qui proviennent toutes de nappes austro-alpines.

L'hypothèse que je propose revient donc à admettre que *le Flysch de la Berra se rattache au complexe inférieur des nappes austro-alpines, et plus spécialement à*

¹ Voir à ce sujet la fig. 30, due à R. Staub, dans son grand travail : *Bau der Alpen. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. N. F. LII Lief.*, 1924.

² P. Arbenz, *Zur Frage der Abgrenzung der penninischen und ostalpinen Decken in Mittelbünden*. Ecl. geol. Helv. vol. XVII, Nr. 3, 1922. — Il faut noter qu'il s'agit ici d'un fait d'ordre purement stratigraphique conduisant à un rapprochement, car la position du Falknis dans les nappes austro-alpines n'est nullement mise en doute par M. Arbenz.

la nappe du Falknis. La position de cette unité, dans le Rhätikon même, immédiatement au-dessus du Fläscherberg, montre bien comment, malgré l'interposition des Pennines, des éléments austro-alpins peuvent venir en contact avec des éléments helvétiques ou ultra-helvétiques, au bord des Alpes. De la même façon, *la zone des Préalpes externes serait composée à la fois de terrains ultra-helvétiques et de terrains austro-alpins.*

La situation du Flysch de la Berra par rapport à celui du Niesen, dans mon hypothèse, serait encore à éclaircir. Il faut reconnaître du reste que ni la composition, ni la position du Flysch du Niesen ne sont encore suffisamment établies.

N.-B. — Il ne m'est pas possible, dans ce court résumé de la géologie de la Berra, de m'arrêter sur le terrain glaciaire, bien que celui-ci occupe de très vastes étendues. Je tiens cependant à signaler l'extension inattendue qu'a eue le glacier du Rhône à la période de Riss. Des blocs erratiques épars et même de puissantes moraines de fond à éléments rhodaniens s'observent à l'intérieur du massif, notamment sur les versants nord et est du Schweinsberg. Les débris les plus élevés que j'aie recueillis atteignaient l'altitude de 1450-1460 mètres.

2. *A propos de la Rhubarbe de Chine*, par M. Ig. M. Musy, pharmacien. — Importation en Europe ; origine.

La rhubarbe utilisée en Chine depuis plus de 3000 ans avant J.-C. semble n'avoir été employée que très tard en Europe. Elle y devint cependant un article important du commerce. Au XV^{me} et XVI^{me} siècles, la ville de Tauris capitale de la Grande Arménie (= Tabriz dans l'Azerbeidjan) était alors le centre du com-

merce de cette drogue où elle parvenait de la région du Kukunor, par voie de caravanes. La route des caravanes partant du pays de Tanguth (nord-ouest Kukunor) se glissait entre les déserts de Gobi et du Turkestan oriental, atteignait les villes Khami, Tourjan, Aksou, Kachgar, passait la chaîne du Pamir pour atteindre Samarcand et Bokhara et de là, la région sud de la mer Caspienne, Veramin, Kaswin, Sultanie et Tabriz.

Au XVIII^{me} siècle, le gouvernement russe, voulant accaparer le commerce de la rhubarbe, ordonna que les caravanes devraient passer désormais par la Mongolie pour atteindre la station de Kjachta, au sud du lac Baïkal.

Depuis l'ouverture du canal de Suez, la route maritime a détourné le trafic de la drogue au profit des ports de Shangaï et de Canton.

La rhubarbe est fournie par le rhizome séché de divers sortes de *Rheum* originaires de la haute Asie. Soit : *Rh. palmatum* (L.) ; *Rh. palmat. var. tanguticum* (Maxim.) ; *Rh. tanguticum* (Tschirch) ; et *Rh. officinale* (Baillon).

La drogue de premier choix est celle provenant du rhizome des trois premières sortes ci-dessus. L'habitat de la plante, délimité par les voyages de Gorter en 1758, Przewalski en 1873, Tafel en 1907, est la région entourant le lac Kukunor, limitée au nord par la chaîne de Nan-Schan, à l'ouest par les steppes du Thibet, au sud par la chaîne du Baian kara et à l'est par le cours du Hoangho, à une altitude de 2800 à 4200 m. La première plante cultivée en Europe fut apportée par de Gorter à Linné des montagnes du Nan-Schan cultivée à Upsala et décrite sous le nom

de *Rheum palmatum* L. Les semences apportées par Przewalski, cultivées à St-Pétersbourg donnèrent le *Rh. palmat.* var. *tanguticum* (Maximowitch) et les semences envoyées de Hsiningfu par Tafel donnèrent à Berne le *Rh. tanguticum* (Tschirch). Ces trois plantes ont tous les caractères d'une seule et même espèce, et les dernières cultures du jardin botanique de Berne tendent à démontrer que le *Rheum palmatum* var. *tangutic.* (Maxim.) et le *Rh. tanguticum* (Tschirch) ne sont que des bâtards descendants du *Rh. palmatum* (L.). Ce type à fleurs blanches et feuilles profondément découpées actuellement disparu semble en effet se séparer par cultures successives, 1^o d'un type à fleurs rouges et feuilles profondément découpées 2^o d'un type à fleurs blanches et à feuilles entières. Des filiations qu'on obtiendra dans les 5 ou 10 ans qui vont suivre démontreront si le type de Linné est un biotype homozygote et d'autres observations démontreront si l'on peut éliminer les phénomènes de mutation et de Crossing-over (dans le sens de Morgan).

La rhubarbe du commerce est fournie par ces différentes espèces croissant au Thibet et sur le cours supérieur du Hoangho. Tafel les trouva à l'ouest du Tsaidam, sur le cours du Yoghre gol, dans la vallée de Tsaghanussa, sur le Ograiula, dans la vallée du Tcharnong, et des exemplaires magnifiques haut de 3 mètres, au célèbre genou du Hoangho près de Sot-sogomba où ils formaient la seule haute végétation. Dans cette région, la rhubarbe n'est pas exploitée vu le manque absolu d'ombrages pour sécher la marchandise. Car, en effet, le séchage doit s'opérer entièrement à l'ombre, le soleil noircissant rapidement la drogue qui perd ainsi toute sa valeur commerciale.

Les places de marché de la rhubarbe sont Dankar et Hsiningfu à l'est du Kukunor et Hsinitso au sud du même lac. De ces places de marché la marchandise est acheminée, avec les plus grands soins pour lui éviter l'humidité, sur le port de Shangaï¹.

Séance du 14 mai 1925.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Aus dem Leben von Louis Agassiz, von Herrn Dr. AUG. REICHENSPERGER, Prof. d. Zoologie an der Universität.

Der Vortragende wies darauf hin, wie er durch das Studium der Echinodermen dazu geführt worden sei sich für die Biographie des jüngeren wie des älteren Agassiz zu interessiren. Vater wie Sohn sind gross als Bahnbrecher auf mehrfachen Gebieten, beide verfügen über seltene Charakterstärke, über klaren Blick und über eiserne Beharrlichkeit. Menschlich ist es leichter dem Vater Agassiz näher zu kommen, und dessen Leben wird zunächst in den Grundlagen und wichtigsten Zügen geschildert ; vom Elternhaus in Motier am Murtensee begleiten wir ihn auf seinen Studien- und späteren Wanderfahrten sowie durch die glänzenden Examina des Dr. Phil. und Dr. med.

¹ Voir : 1^o *De l'histoire générale des Plantes*, chez les Héritiers de Guillaume Rouille à Lyon, 1615. 2^o Prof. Hartwich : *Cours de Pharmacognosie*. 3^o Prof. Tschirch : *Die Stamm-pflanze der chinesischen Rhabarber*. (Schweizerische Apotheker-Zeitung 1923, № 44-45-46). 4^o Prof. Tschirch : *Die Aufspaltung des Rheum tanguticum*. Autoreferat auf der Jahresversammlung der Schw. Naturforschenden Gesellschaft in Luzern 1924.

(Erlangen 1829 ; 22 Jahre alt.) Wir sehen die umfangreichen grundlegenden Arbeiten über die Fische u. a. entstehen, welche dem jungen Gelehrten zwar wenig Geld aber viele Beziehungen und Freundschaften mit den führenden Geistern aller Länder eintragen, — mit Humboldt, Cuvier, Lyell, Buckland, Silliman u. a.

Es folgen die Jahre vorzüglicher Lehrtätigkeit in Neuchâtel, zugleich seit 1833 glückliche Ehejahre an der Seite von Cécilie Braun ; 1835 wird Alexander A. geboren ; und von 1836 an widmet sich der Vater, angeregt durch Charpentier, den Vergletscherungs-Problemen und kommt sehr bald zur Aufstellung der « Eiszeit-Theorie » — anfangs von allen Seiten angefochten, später voll anerkannt.

Ein für kurze Zeit gedachter Aufenthalt in Amerika führt infolge der 1848 stattfindenden politischen Veränderungen in der Heimat und des dazu kommenden Todes der Gattin zur dauernden Niederlassung in Cambridge. Es folgt das grosse Ringen und Kämpfen für den Bau eines Museums, verbunden mit fruchtbarster wissenschaftlicher und reichster Lehr-Tätigkeit. Ein Jugendwunsch wird dem 60 jährigen erfüllt, als er mit einem ganzen Stab von Mitarbeitern eine Amazonasreise unternehmen und auch für die Anden seine Eiszeittheorie bestätigen kann. — In den letzten Lebensjahren folgt noch eine Fahrt auf dem « Hassler » um's Kap Horn nach San Franzisco und die Gründung einer Sommerschule für Lehrer auf der Insel Penikese neben der Förderung des Cambridge-Museums. Dann geht der Nimmermüde zu Ruhe ; sein Grab schmückt ein Granit vom Aare-Gletscher, beschattet von schweizer Bergfichten.

Das wissenschaftliche Werke setzt der ebenso rührige Sohn fort, nachdem er seinem Leben als erfolgreicher Minen-Ingenieur die solide Grundlage geschaffen hat. Er vollendet auch das Museum im Andenken des Vaters. Seine Tiefseeforschungen und vor allem seine Studien an fast allen grösseren Koralleninseln und-Riffen der Erde werden stets ihre Bedeutung behalten.

Der Vortragende zeigt im Anschluss einige Briefe und seltene Werke von A. Agassiz.

Séance du 4 juin 1925.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

M. Ig. Musy, *L'huile de Chaulmoogra et ses dérivés pour le traitement de la lèpre.* — Un arbre, le Taraktogenos Kurzii (King), dont le fruit, une noix, fournit une huile appelée huile de Chaulmoogra était connu depuis un temps immémorial des indigènes de l'Asie tropicale, surtout dans l'est de l'Inde, en Birmanie et en Indochine. Les vertus de cette plante n'attirèrent pas pendant longtemps l'attention des Européens qui n'accordèrent aucune créance aux dires des indigènes et ne virent dans la précieuse drogue qu'un remède de bonne femme, puisque sa puissance curative ne parvint à la connaissance du monde civilisé qu'en 1900.

L'huile de Chaulmoogra employée par les médecins indigènes contre les maladies de peau et la lèpre en particulier, soit extérieurement, soit intérieurement, n'était pas un médicament parfait et provoquait des vomissements et des troubles intestinaux.

Un savant américain, le Dr F. B. Power, entreprit l'étude de cette drogue.

L'huile de Chaulmoogra est une graisse jaunâtre d'une odeur particulière. Pour obtenir une action curative, il fallait en absorber très longtemps une forte quantité toujours mal supportée par l'estomac.

Power chercha à en former des dérivés pouvant être utilisés soit en injections sous-cutannées, soit par voie buccale. Il obtint ainsi des esters éthyliques des huiles grasses du chaulmoogra et plus tard les sels de soude des mêmes produits.

Power détermina ainsi que le pouvoir curatif de la drogue était tout entier dans certains acides gras non saturés, soit l'acide chaulmoogrique ($C^{18} H^{21} O^2$), et l'acide hydnocarpique ($C^{16} H^{18} O^2$).

Les principales constantes chimiques de ces deux acides sont :

| | Indice d'iode | Point de fusion | $[\alpha] D$ |
|----------------------|---------------|-----------------|--------------|
| Acide chaulmoogrique | 90,1 | 68° | +68° |
| Acide hydnocarpique | 100,2 | 59° | +62° |

Les préparations établies sur ces données pour le traitement de la lèpre sont les suivantes :

1^{er} groupe : Esters éthyliques purifiés ou obtenus par fractionnement appropriés de l'huile :

« Antilepro » Bayer & Co,

« Moogrol » Borroughs Wellcome Co,

« Chaulmestrol » Winthrop Chemical Co New-York.

2^{me} groupe : Sels de soude des acides gras non saturés :

« Sodium Gynocardate A et S » Smith Stanistreet Co Calcutta,

« Collobiasis of Chaulmoogra » Dausse Paris.

Les essais de ces préparations ont été faits sur 400 lépreux avec les résultats suivants :

Guérison : 36% ;
Amélioration : 56% ;
Action nulle, développement normal de la maladie : 6,4% ;
Décès : 1,7%.

Les meilleurs résultats furent obtenus par injections directes dans les parties malades des esters de l'acide hydnocarpique.

Les injections intraveineuses provoquant facilement des phlébites ont dû être abandonnées. Les lésions lépreuses se modifient sous l'influence de ces injections et les bacilles de Hausen sont rapidement détruits. L'action du produit serait due à la destruction des bacilles, dont l'enveloppe graisseuse serait détruite par les acides de chaulmoogra et d'hydnocarpus, cette destruction s'accompagnerait d'une libération d'antigènes immunisants.

L'emploi de ces préparations n'est pas sans danger et les doses toxiques ont produit des hémolyses, des néphrites avec hémoglobinurie, ainsi que des infiltrations graisseuses du foie. Les injections sous-cutanées et intraveineuses produisent souvent des nécroses des parties atteintes. La dose mortelle des esters éthiliques de l'acide hydnocarpique est fixée pour les injections intraveineuses à $0,5 \text{ cm}^3$ par kg. de poids corporel ¹.

2. M. LÉON LAYAZ, lic. ès-sc. : 1^o *Un cas remarquable de stratification discordante* ; 2^o *Un bloc erratique à*

¹ *Journal suisse de chimie et pharmacie*, № 10 et 50, 1924 ; *La Nature*, № 2660, 1925 ; *Praxis*, № 22, 1925.

marmites de géant ; 3^o *Une occasion de faire l'application de la théorie des « Fentes initiales »* (Faltentheorie).

L'auteur n'a pas livré son manuscrit.

Séance du 25 juin 1925.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

M. PAUL GIRARDIN: *Sur les Météorites.*

L'auteur n'a pas livré son manuscrit.

M. le Dr S. BAYS: *Sur la construction du polygone régulier de 9 côtés.*

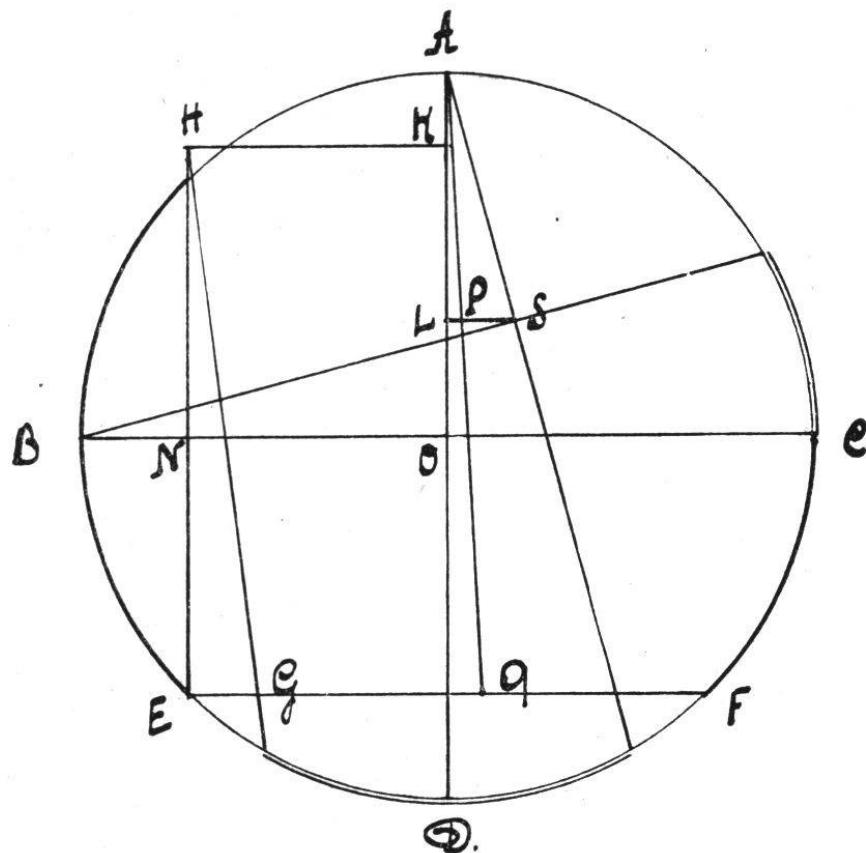
Une construction approchée remarquable du côté du nonagone régulier inscrit dans un cercle, est donnée dans le *The American Mathematical Monthly*, vol. XXXI, 1924, number 4, April. En prenant le rayon du cercle égal à 1, elle fournit le résultat suivant:

Longueur exacte du côté à la 9^{me} décimale près: 0,684.040.255. Longueur fournie par la construction: AP = 0,684.040.286.

Les arcs décrits d'un trait plus épais sont de 45°; ceux d'un trait doublé sont de 30°. Les diamètres AD et BC sont perpendiculaires. On prend pour OK = NH les $\frac{4}{5}$ du rayon OA. On mène SL parallèle à BC; on prend le milieu Q du segment GF et la droite AQ nous donne jusqu'à son intersection en P avec LS, la longueur AP cherchée.

Si la construction pouvait se faire sur un cercle ayant la dimension de l'équateur terrestre, et que l'on

portât la corde AP ainsi obtenue 9 fois sur sa circonference, le point d'arrivée que l'on obtiendrait ne



serait qu'à 1,92 m. du point de départ. Cet écart correspondrait approximativement à un angle au centre de la circonférence de 0", 062.