

# Japanese Studies in the History of Science

No. 10 1971

## SURVEYS & DOCUMENTS

- History of Science and Technology in Japan ..... M. YUASA  
Survey of "Science in Colonialism" ..... S. NAKAYAMA  
Research Group of the Committee for the Publication of  
Hantaro Nagaoka's Biography ..... E. YAGI  
Teaching History of Science in Japan ..... M. WATANABE  
Lettres d'un ingénieur français en Japon de 1877 à 1881 ... S. YAJIMA

## ARTICLES

- D'Alembert et Condorcet—Quelques aspects de  
l'histoire du calcul des probabilités— ..... E. YAMAZAKI  
Pascal et Wallis au Sujet de la Cycloïde (III) ..... K. HARA  
Paul Langevin and the Theory of Relativity ..... C. CUVAJ  
The van den Broek Hypothesis ..... T. HIROSIGE

## REVIEWS

- Lynn White, Jr.: *Machina ex Deo* ..... S. AOKI  
Thomas Hawkins: *Lebesgue's Theory of Integration,  
Its Origins and Development* ..... T. MURATA

THE HISTORY OF SCIENCE SOCIETY OF JAPAN

TOKYO



*Japanese Studies in the History of Science*



**Japanese Studies  
in the  
History of Science**

**No. 10 1971**

**NIPPON KAGAKUSI GAKKAI**

**The History of Science Society of Japan**

***Tokyo***

**Editor**

Masao WATANABE, *University of Tokyo*

**Editorial Committee**

Seizo AOKI, *Kobe University*

Kokiti HARA, *University of Osaka*

Yonezo NAKAGAWA, *University of Osaka*

Shigeru NAKAYAMA, *University of Tokyo*

Sigeiko NISIO, *Nihon University*

Kenzo SAKAMOTO, *Momoyama Gakuin University*

Eri YAGI, *Tōyō University*

Suketoshi YAJIMA, *Tokyo College of Science*

Eizo YAMAZAKI, *Meiji University*

**Publication Office**

THE HISTORY OF SCIENCE SOCIETY OF JAPAN

Department of Humanities

Tokyo Institute of Technology

2-12-1, Ookayama, Meguro-ku

Tokyo, Japan

**Overseas Distributors**

JAPAN PUBLICATIONS TRADING CO., LTD.

P. O. Box 5030 Tokyo International

Tokyo, Japan

*and*

1255 Howard Street

San Francisco, Calif. 94103

U. S. A.

## CONTENTS

### Surveys & Documents

History of Science and Technology in Japan.....	Mitsutomo YUASA....	1
Survey of "Science in Colonialism".....	Shigeru NAKAYAMA....	17
Research Group of the Committee for the Publication of Hantaro		
Nagaoka's Biography.....	Eri YAGI....	23
Teaching History of Science in Japan.....	Masao WATANABE....	25
Lettres d'un ingénieur français en Japon de 1877 à 1881		
.....	Suketoshi YAJIMA....	27

### Articles

D'Alembert et Condorcet —Quelques aspects de l'histoire du calcul des probabilités—.....	Eizo YAMAZAKI....	59
Pascal et Wallis au Sujet de la Cycloïde (III) .....	Kokiti HARA....	95
Paul Langevin and the Theory of Relativity.....	Camillo CUVAJ....	113
The van den Broek Hypothesis.....	Tetu HIROSIGE....	143

### Reviews

Lynn Weite, Jr.: <i>Machina ex Deo: Essays in the Dynamism of Western Culture.</i> Cambridge, Mass., The MIT Press, 1968, 186 pp.....	Seizo AOKI....	163
Thomas Hawkins: <i>Lebesgue's Theory of Integration, Its Origins and Development.</i> University of Wisconsin Press, 1970, 227 pp.	Tamotsu MURATA....	165
News .....		168
Cumulative Index to Volumes I~IX .....		170
Information for Contributors.....		187



# History of Science and Technology in Japan\*

Mitsutomo YUASA\*\*

## 1. Introduction

Japan took her first step towards modernization with the Meiji Restoration of 1868. *Nihon Kagaku-Gijutsu-shi Taikei (History of Science and Technology in Japan)* covers the period 1853-1960. It is a fact worthy of special attention in modern world history that Japan, having become conscious of her status as a non-European nation during the latter part of the 19th century, groped to find a way of self-modernization and began to tread the road to industrialization.

In 1960, the History of Science Society of Japan planned to publish as its twenty year commemoration publication a series of source books on the history of science and technology in Japan since 1853. Entitled *Nihon Kagaku-Gijutsu-shi Taikei*, this series consists of historical surveys, sources, documents with commentaries, together with many illustrations. (The proportion is approximately 80% historical materials and 20% explanatory descriptions.)

The following gives the translated title of each volume:

Vol. 1	Outline History I	(Chief Editor, M. Yuasa)
2	Outline History II	( " M. Yoshida)
3	Outline History III	( " K. Oka)
4	Outline History IV	( " C. Kamatani, T. Tsuji, T. Hirosgie)
5	Outline History V	( " C. Kamatani, T. Tsuji, T. Hirosgie)
6	Philosophy	( " T. Tsuji)
7	International	( " C. Kamatani, S. Nakayama, E. Yagi)
8	Education I	( " K. Itakura)
9	Education II	( " S. Ooya, M. Hara)
10	Education III	( " K. Itakura, J. Hasegawa)

\* This paper was originally prepared for the "Index" (supplementary volume) to the whole twenty-five volumes of *Nihon Kagaku-Gijutsu-shi Taikei*.

\*\* College of General Education, Kobe University, Tsurukabuto, Nada-ku, Kobe.

11	Natural Environment	(Chief Editor, J. Nemoto)
12	Mathematical Science	( " T. Shimizu, Z. Murata)
13	Physical Science	( " J. Sugai, M. Tanaka)
14	Astronomy & Earth Science	( " Y. Ishiyama, F. Shimamura, S. Nakayama, J. Nemoto)
15	Biological Science	( " H. Sato, Y. Susuki, T. Nakamura)
16	Civil Engineering	( " Y. Kaneko)
17	Architecture	( " T. Muramatsu)
18	Mechanical Engineering	( " H. Kato, T. Susuki, T. Yamazaki)
19	Electrical Engineering	( " S. Nojima)
20	Mining & Metallurgy	( " K. Iida, T. Kuroiwa)
21	Chemical Engineering	( " M. Tanaka, T. Yamazaki)
22	Agriculture I	( " T. Furushima)
23	Agriculture II	( " T. Furushima)
24	Medicine I	( " Y. Nakagawa, H. Maruyama)
25	Medicine II	( " Y. Nakagawa, H. Maruyama)
	Index.	( " M. Yuasa)

All volumes (25.7 cm × 18.2 cm, about 600 pp. each) were completed by 1972.

## 2. Before the Meiji Era

The titles of the first and second chapters of **Outline History I** (Vol. 1) are “The Opening of Japan to Western Countries” and “Western Learning in the Latter Days of the Tokugawa Shogunate”, respectively. In each of the twenty-five volumes, statements begin, as a rule, with the opening of the country—or, rather, with Commodore Perry’s visit to Japan in 1853—but there are some exceptions. The purpose of this chapter is to summarise those exceptions.

The first chapter of **Philosophy** (Vol. 6), entitled “The Traditional Culture and the Opening of the Country”, opens with the essay *Gengo* (1775), a masterpiece written by Baien Miura (1723–1789), one of the representative thinkers of the middle of the Tokugawa era; the manuscript is said to have been rewritten twenty-three times during the twenty-three years before its completion in 1775. Next we find Atsutane Hirata’s *Kodōtaii* (1813) and Nobuhiro Sato’s *Tenchūki* (1822), both of which illustrate the scientific thought cultivated in the traditional atmosphere.

The first translation of a genuine European scientific book had appeared much earlier, in August, 1774, when Suharaya, a publisher in Edo (Tokyo), published the five volumes of *Kaitaishinsho* (four volumes devoted of text and one of preface and charts). This had marked the starting-point of Japanese studies to Western science by means of Dutch Learning. It was, however, not until the 1820's, about fifty years after the publication of *Kaitaishinsho*, that technical books on such basic sciences as physics, chemistry and biology were published. In 1822 Yōan Udagawa (1798–1846) published *Botanica*, and later, in 1833, wrote *Shokugakukeigen*, in which he introduced botanical scientific methods, including the Linnaean system of classification. In 1837 he published *Seimikaisō*, the first book on chemical science. The first Japanese physics text was *Kikaikanran*, writhen in Chinese by Rinsō Aochi in 1825; and the second was *Kikaikanrankōgi* written in Japanese by Kōmin Kawamoto in 1851, the fourth year of Kaei, only two years before the coming of Commodore Perry. *Kyūritsū*, an eight volume work written by Banri Hoashi (1778–1852) in 1836, is a monument in the history of science in Japan, for it provides accounts of physics, astronomy, chemistry, geography, botany, physiology, and hygienics. As will be pointed out below, the first publication on Western mathematics did not appear until 1857, some years after the publications on physics, chemistry and biology, and after Perry's visit to Japan. In this year Shunzō Yanagawa's *Yōzanyōhō* and Riken Fukuda's *Seizansokuchi* were also made public.

The first chapter of **Education I** (Vol. 8), "Establishment of Educational Institutions of Science and Technology in the Closing Years of the Tokugawa Shogunate", contains much data (index nos. 2901–2933), and gives, from the educational point of view, vivid descriptions of science and technology at the end of the Tokugawa regime. *Nagasaki-Kaigun-Denshūsho* and *Bansho-Shirabe-Sho*, established as government institutes immediately after the coming of Perry, played a key role in transplanting European science and technology in Japan. *Nagasaki-Igaku-Denshūsho* and *Edo-Igaku-Denshūsho* became centers of learning, not only for medicine but also for Western science in general. Tokyo University, founded in 1877 with departments of law, science, literature and medicine, originated in the above-mentioned *Bansho-Shirabe-Sho* (established in 1857) and *Edo-Igaku-Denshūsho*.

"An outline of Japanese Mathematics", the first chapter of **Mathematical Science** (Vol. 12), begins with an explanation of *Jingōki* written by Mitsuyoshi Yoshida (1598–1672), and goes on to describe representative Japanese books on mathematics, for example, *Kokonsampōki*, *Katsuyōzampō*, *Teijutsusankei* and *Kohaijutsukai*. It was in 1855, two years after the visit of Perry to Japan, that the Japanese began to learn Western mathematics directly from foreign teachers. *Nagasaki-Kaigun-Denshūsho* was founded in that year, and there Dutch officers taught mathematics, physics and chemistry as foundation subjects in the study of navigation. As mentioned above, the first Japanese book on Western mathematics was published in 1857.

For better understanding of "Astronomy and Geology in the Latter Days of the Tokugawa Shogunate", the first chapter of **Astronomy & Earth Science** (Vol. 14), we should read the first chapter of **Natural Environment** (Vol. 11), "Understanding and Description of Nature at the End of the Tokugawa Era and the Beginning of the Meiji Era." With regard to the gradual modernization of the Japanese attitude toward nature, the first chapter of **Biological Science** (Vol. 15), "From *Honzōgaku* to Biology", offers important data. The beginning of this first chapter (p. 17) of **Biological Science** describes the origin of biology in Japan in the following words: "The origin of biology in our country can be traced to '*honzōgaku*' introduced from China in olden days. The advent of '*honzō*', the Chinese pharmacopoeia, dates back to the sixth century, and from that time new knowledge was transmitted to Japan as it developed in China. But it was during the Edo era, after the introduction of *Honzōkōmoku* by Ri Jichin, that Chinese pharmacopoeia developed into the branch of study known as '*honzōgaku*'. Ri's book not only served as a source book of pharmacology, but also stimulated, first, the study of plants and animals for medical purposes and, secondly, the study of plants and animals for their own sakes, regardless of their utility. Hence, as well as '*Honzōgaku*', natural history studies were also advanced. In this chapter, though the term '*honzōgaku*' is used in its broad sense, the main objective is to describe the growth of natural history (from which biology developed) in Japan during the latter part of the Edo era and the early years of Meiji." It is interesting to observe the way in which such Japanese scholarship, for example '*wasan*' (mathematics developed in Japan) and '*honzōgaku*' (based on the Chinese school), were brought face to face with European science and were influenced by the latter. The change from Chinese to Western medicine is clearly described in the opening chapter (pp. 9-12) of **Medicine I** (Vol. 24).

Turning now to Technology (in six volumes), though there is no description of pre-Meiji conditions in **Civil Engineering** (Vol. 16), the first chapter of **Architecture** (Vol. 17), entitled "Introduction of Western Architectural Technique by the Tokugawa Government and Powerful Clan Governments", provides an excellent explanation, based on abundant data, under the following five headings:

1. *Goryōkaku, Matsumae-jinya, and Shinagawa-daiba*
2. *Nagasaki-seitetsusho*
3. *Shōkoshūseikan and Kagoshima-bōsekisho*
4. *Yokosuka-seitetsusho*
5. A hoist-cottage at Kosuga Dockyard

Chapter one of **Mechanical Engineering** (Vol. 18), "Western-style Shipbuilding at the End of the Tokugawa Era", describes the factory equipment at *Nagasaki-seitetsusho*; the establishment of shipyards at Yokohama and Yokosuka; and the shipbuilding of Satsuma and Saga Clans. This chapter will be more meaningful if read together with the first chapter of Architecture (sections 2-5). (Here, '*seite-tsusho*' means shipyard).

The first chapter of **Electrical Engineering** (Vol. 19) is entitled "The Dawn of Electrical Engineering—Telegraphic Technique at the End of the Tokugawa Era", while that of **Mining and Metallurgy** (Vol. 20) is headed "The Dawn of Modern Mining Technique." The introductory chapter of **Mining and Metallurgy**, "The History of Mining Technique in our Country", has the sub-heading, "The Foundations of the Acceptance of Modern European Techniques". It is a long chapter, consisting of three sections: 1. Birth, 2. Growth, and 3. Maturity, and provides the information essential for an understanding of the technical situation of Japan before the Meiji era.

The first chapter of **Chemical Engineering** (Vol. 21), "From *Seirengaku* to Practical Chemistry", contains the description of chemistry before the Meiji era which is omitted in **Physical Science** (Vol. 13). The first three sections in chapter one of Chemical Engineering, "Activities of Scholars of Western Learning in Developing Chemical Techniques at the End of the Tokugawa Era", "Chemistry at the Chemistry Department of *Bansho-Shirabe-Sho*", and "The Study of Chemistry by Various Clan Governments", constitute the introductory part of the 'Chemistry' division of *Physical Sciences*. The term 'Various Clan Governments,' used in section three, refers to Shimazu (Satsuma) and Fukuoka. It is worthy of note that the powerful clans in Kyūshū were progressive not only in chemistry, but also in the fields of architecture, mechanics, electricity, mining and metallurgy. The first Japanese modern spinning factory (operated by steam engine) was built in Kagoshima in the third year of Keio (1867). Two years prior to this, the Kagoshima government had sent Tomoatsu Godai and others to England and imported spinning machines from Platto Co. At the same time, it had invited British engineers to assist in the building of the factory. Work was begun in the following year and completed by May, 1867 (Vol. 18 **Mechanical Engineering**, p. 120).

In **Agriculture I** (Vol. 22), as explained in the editing plan (2) included at the beginning of the book, "Even data relating to the Edo era are furnished, so that the level of agricultural development and the methods of arriving at new techniques in the period before the introduction of Western-style agriculture may be ascertained." In the first chapter, entitled "Agriculture at the End of the Tokugawa Era", section one, 'Various Stages of Ploughing and Sowing Technique', and section two, 'Development of Sericulture', include data from the middle of the eighteenth century to the beginning of the nineteenth, thus providing us with a complete picture of tilling and sowing techniques as well as silkworm production during the Edo period. After the opening of Yokohama Port for foreign trade in 1859, silk quickly became the most important export item. This was chiefly owing to the advanced level of silkworm raising techniques in Japan.

### 3. The Meiji Era (1868–1912)

Volumes one and two of **Outline History** are devoted to a general scientific history of the Meiji era, or, more precisely, to the period from 1853 (the year of

Perry's visit to Japan) to 1914 (the third year of Taisho, when World War I broke out). The dividing point between volumes one and two is the twenty-second year of Meiji (1889), the year in which the Constitution of Japan was proclaimed. In the nineteenth year of Meiji (1886), the Imperial University Law was enacted, and the postgraduate course, which is still in operation today, was set up. The next year, the law regulating the awarding of degrees was issued, and on the seventh of May, 1888, twenty-five scholars (five in each field of law, literature, science, engineering and medicine) were awarded doctor's degrees. Another twenty-five doctor's degrees (again five in each field) were granted on the seventh of June of the same year. On page 392 of **Education I** (Vol. 8), we find the names of the twenty-six doctors of science who were awarded doctoral degrees before the twenty-fourth year of Meiji (1891). In the list are indicated each person's year of birth, alma mater, term of study abroad, and the country where he studied. In surveying the years of birth, we notice that, excepting for the first three (Keisuke Itō (born in 1803), Nagayoshi Nagai (born in 1845), and Ryōkichi Yatabe (born in 1851)), all were born in the years of disturbance between 1854 and 1862, that is, the years after the coming of Perry but before the Meiji Restoration. The same is true of almost all of the doctors of engineering and medicine. Most of the top leaders of science and technology during the mid-Meiji period were men who were born in the 1850's and educated in foreign countries. Around 1890, achievements of an internationally high level were performed by such scholars as Jirō Kitaō, Shōhei Tanaka, and Shibasaburō Kitazato.

Chapters three to fourteen of **Outline History I** (Vol. 1) present important events of the first half of the Meiji era in a roughly chronological order: 3. Civilization and Enlightenment, 4. Institutionalization of Science, 5. Government Policy for Fostering Industry and Enterprise, 6. The Age of Exhibitions, 7. The Achievements of the Colonization Commission, 8. The Systems of Patents, Weights and Measures, and Statistics, 9. Science and Technology to Provide for a Powerful Army, 10. Consolidation of Organizations for Research, Investigation and Administration, 11. Quickenning of the New Industrial Society, 12. Europeanization and Reaction, 13. The Standardization of Technical Terms, 14. The Encouragement of Basic Sciences. The editing plan of *Outline History I* is explained in section two as follows: "This volume aims to provide a synthesis of general and scientific histories, giving weight to the description of political institutions. It is, so to speak, a sociological history of science." The editing policy of **Outline History II** is: "Because this is a general view, individual topics are not dealt with, no matter how conspicuous. Emphasis is placed on the description of science and technology as an element in the organization of the state, and of its relation to the people."

Scientific research in the Meiji era is treated in the following books and chapters in the series:

In **Mathematical Science** (Vol. 12), four chapters are devoted to the description of mathematical study in the Meiji period: 2. The Adoption of Western Mathe-

matics, 3. The Foundation of Tokyo University, 4. The Mathematical Department of Kyoto Imperial University, 5. Tōhoku Imperial University and the *Tōhoku Sūgaku Zasshi*, 6. Mathematical Thought and the Enlightenment Movement—1. **Physical Science** (Vol. 13) contains separate chapters on physics and chemistry. Two chapters, assigned to physics, are: 1. Physics under the Guidance of Foreign Teachers (1882–1896), and 3. The Fixation of Physics in Japan (1897–1910). The two chapters allotted to chemistry, are: 2. The Basis of Chemical Study (1878–1900), and 4. The Formation of a Tradition of Chemical Research (1901–1916). For a deeper understanding of the development of chemistry in this period, these two chapters should be read in conjunction with the first chapter of **Chemical Engineering** (Vol. 21), especially with the following sections: 4. Educational and Industrial Institutions during the Early Years of the Meiji Era; 5. Modernization of Industrial Education and the Establishment of Governmental Factories; 6. A Glance at the Early Years of the Chemical Industry; and 7. The Establishment of Factories. Relevant also are chapter two, Technical Advances made possible by the Independence of Applied Chemistry (1884–1897); and chapter three, The Transitional Stage in Modern Chemical Technique (1898–1913)." With regard to physics, closely connected with the above two chapters are the following ones in **Astronomy & Earth Science** (Vol. 14): The Establishment of Investigation and Research Organizations to Protect Natural Resources from Disaster, 4. The Process of Development of Scientific Geology, 5. Projects and Study relating to Weather and Ocean Conditions.

The chapters devoted to the Meiji era in **Biological Science** (Vol. 15), are: 2. The Consolidation of the Research System; 3. From Enlightenment to Original Work; and 4. Evolution Theory and Thought. Chapter five, Agricultural Biology, describes mainly the Meiji era, but also devotes some pages to the first half of the Taisho era. The development of biology has a close connection with that of agriculture (see **Agriculture I**, Vol. 22).

We are informed of the development of technology in the Meiji period in the following chapters: 1, 2, 3 and 4 in **Civil Engineering** (Vol. 16); 2, 3, 4, 5 and 6 in **Architecture** (Vol. 17); 2, 3, 4, 5 and 6 in **Mechanical Engineering** (Vol. 18); 2, 3, 4, 5 and 6 in **Electrical Engineering** (Vol. 19); 2, 3, 4 and 5 in **Mining and Metallurgy** (Vol. 20); and 1, 2 and 3 in **Chemical Engineering** (Vol. 21).

Throughout the Meiji era, a pivotal role in the development of Western science was played by Tokyo University. However, during the first half of the same era, a no less important role was played by the Ministry of Engineering (1870–1885) in introducing Western technology into Japan. We are given a detailed description of the Ministry of Engineering in the fifth chapter of **Outline History I** (Vol. 1), entitled "Government Policy for Fostering Industry and Enterprise (pp. 179–257)":

"The idea of establishing the Ministry of Engineering was first suggested by Edmund Morell in a letter to Finance Minister Hirobumi Ito. (Morell was then in Japan as chief engineer in the construction of a railway between Yokohama and

Tokyo.) 'After thinking carefully over that matter of great importance you asked me about, I have come to the following conclusion. I am afraid, however, that my answer might sound strange and not to the point, since I am an outsider and quite ignorant of Japanese customs and institutions. All the countries in Europe, except England, have government institutions which control construction work. These institutions are prosperous and serve the immediate needs of the people by utilizing the materials produced in the country. Therefore, the possibility of setting up the same kind of institution in Japan should be discussed before any action is taken.' This is the opening part of his letter. He then presented his "Plan for Establishing the Institution", in which he emphasised the importance of standardization in industrial administration and the education of engineers (p. 179)." A government notice handed to the Ministry in January of the fifth year of Meiji and entitled, The Public Service Regulations, reads: "The Ministry of Engineering should be responsible for all matters concerning industry. Its principal duties are: 1. to develop technology; 2. to encourage all kinds of industry and to increase production; 3. to control mines and supervise all mining products; 4. to build and repair railways, telegraph stations, lighthouses, and signs notifying sunken rocks; 5. to build and repair ships; 6. to refine and cast copper, iron, and lead for general use; to make various machines; and 7. to measure land and sea."

The Ministry of Engineering (*Kōbu-shō*) was established in the third year of Meiji (1870), and, in August of the following year, ten bureaus were formed: technology; industry encouragement; mining; railways; civil engineering; lighthouses; shipbuilding; telegraph; iron manufacture; machine making; and surveying. Many foreigners were employed to introduce foreign technology. Volume one of **Outline History** states: "The numbers of foreigners employed by the Ministry of Engineering are listed in table 3 (Note: shown here in this essay).

Railways	256	Construction	81
Mines	78	Telegraph	59
Lighthouses	52	Building and repairs	13
Schools of technology		Others	2
(advanced)	21		
(elementary)	7		

The largest number were employed in the railway service, and the second largest in construction work. This was because the dockyards in Yokosuka, Nagasaki, and Hyogo; the machine shops in Akabane; and the glass factories in Shinagawa all needed many foreign engineers. With regard to the mining industry, foreigners were attached to each type of mine (gold, silver, copper, iron, and coal) and to locations all over the country (Sado, Ikuno, Miike, Takashima, Ani, Innai, Kamaishi, Nakakosaka, Okuzu, Magane, Yudo and Kosaka). Telegraph stations and lighthouses were built under the guidance of foreign technicians. When was the largest number of foreign experts employed? The answer can be obtained by counting the number of foreigners living in Japan for each year, and this figure

can be calculated from the numbers of arrivals and departures for each year. (The latter are available in *The Historical Records of the Ministry of Engineering*.) The result is shown in figure 3 (Vol. I, p. 19). The highest peak was reached in 1874 (the seventh year of Meiji) with 255 persons; and a high level of more than 130 persons was maintained from 1871 to 1879 (from the fourth to twelfth year of Meiji). After the peak, graduates of Tokyo University and Tokyo Technical College began to replace the foreigners."

Chapter four of **Outline History II** (Vol. 2), "The Primary Functional Differentiation", deals with the second half of the Meiji era (1889–1912), and contains much data, for example: 'The Higher Council of Agriculture, Commerce, and Industry' (the twenty-ninth year of Meiji; 1896); 'Some Suggestions on Marine Transportation after the Sino-Japanese War' (the twenty-eighth year of Meiji; 1895); and 'Proposal to set up Educational and Research Organizations' (the thirtieth year of Meiji). In Chapter 9, entitled "The Second Functional Differentiation", we find the following documents: 'The Process of Enacting the Law Regulating Electrical Enterprises' (the forty-third year of Meiji; 1910); 'The Process of Enacting the Law Regulating Electrical Measurement' (the forty-third year of Meiji); 'The Process of Enacting the Railway Nationalization Law' (the thirty-ninth year of Meiji; 1906); and 'Proposals for Harbor Improvement' (the thirty-ninth year of Meiji). These data provide insights into the development of industrial techniques in Japan before the promulgation of the Factory Law in the fourth-fourth year of Meiji (1911).

#### 4. The Taisho Era (1912–1926)

**Outline History III** (Vol. 3) takes up from the early years of Taisho and covers the period ending with the 4th year of Showa (from 1912 to 1929). In the preface of this volume, Kunio Oka defines the age as one of "public unrest, beginning and ending with wars. Government, economy, and other agencies were directly or indirectly controlled by militarism, and the people's life was extremely uneasy. Besides, there was an apprehension that the future might be even more tightly controlled. In spite of these restrictions, however, science and technology continued to develop, following their own laws of growth." The editing policy of **Outline History III** (Vol. 3) is stated under item 4: "Various kinds of data are arranged chronologically in each chapter: regulations, political documents, comments, records of conferences, articles in newspapers and magazines. This volume has been compiled with the idea of demonstrating the way in which this period, despite contradictions, tended towards increased control and rationalization, with the ultimate aim of militarizing the nation's economy". This trend is reflected in the table of contents: 'The Change in Policy towards Technology and Society'; 'Transformation of the Industrial Structure', 'The Rationalization Movement', and so on. The titles of chapters 1 through 11 are; 1. World War I and the Heavy Chemical Industry; 2. Transformation of Industrial Structure and Technical Policy; 3. Consolidation of Research Organizations in Science and Technology; 4. The

Rice Riots and Agriculture; 5. Technical Policy after the World War I; 6. Development in the Industrial Sector and Social Policy; 7. The Great Earthquake of 1923 and Its Aftermath; 8. Armament Reduction and Its Contradiction; 9. International Communication and the Awakening of the Scientist to His Profession; 10. Democracy in the Taisho Era and Science and Technology; 11. The Beginning of the Rationalization Movement. These significant events of the Taisho era, listed in a roughly chronological order, are treated in connection with developments in science and technology.

The first major event of the Taisho period, World War I, divided in half the one hundred years of Meiji, Taisho, and Showa, and marked the real beginning of the consolidation of scientific and technological organizations. Just as the introduction of modern science and technology at the end of the Tokugawa era had been begun under the impact of Perry's visit to Japan, so the consolidation of scientific and technological organizations, was brought about by an external cause, the separation of Japan from European countries by World War I (1914-1918). The first chapter of **Outline History III** (Vol. 3) explains the background: "During World War I, the Japanese chemical industry made unique progress. Because Japan had depended almost entirely upon countries overseas for chemical products, domestic production became absolutely necessary when the outbreak of the war caused a stoppage of imports. In November of the 3rd year of Taisho (1914), a chemical industry investigation committee was organized within the Ministry of Agriculture and Commerce. In addition to this, an experimental station was founded, and a law concerning the encouragement of dyestuff and medicine production was proposed. As the result, in the 4th year of Taisho, Hodogaya Sōda Co. began to produce electrolysis soda, Akita Refinery of Japan Oil Co. built a successive distillatory apparatus, and the Shinagawa Branch of Mitsui & Co., Ltd. began the production of bakelite. In the 5th year of Taisho (1916), Kyota Hisamura of Azuma Industry Co. succeeded in making byssus artificial silk; in the next year, Asahi Glass Co. began to produce soda by a process using ammonia; Nihon-Senryō Co. manufactured artificial dyes; and Nihon-Kōgaku Co. produced optical glass. Thus the cornerstone in the foundation of the chemical industry in Japan was laid." With regard to civil engineering, architecture, mechanics, electrical engineering, mining, metallurgy and chemical techniques of the Taisho period, explanations are found in volumes 16 through 21.

A speech made by Jōkichi Takamine in June of the 2nd Year of Taisho (1913), entitled "On the National Research Center of Science," marked the beginning of the movement to consolidate research organizations during the Taisho era. Jōkichi Takamine was well-known even in Europe and America as the inventor of adrenalin and *takajiastaze*. The first World War broke out on the 28th of June in the 3rd year of Taisho (1914); and in less than a month, Eiichi Shibuzawa (then president of three banks: The First Bank, The Tokyo Bank, and The Tokyo Saving Bank) contributed an article entitled "On the Establishment of a Chemical Research

Institute" to the *Yomiuri Newspaper* of July 15 (No. 13368): "We have very few chemical inventions in Japan, so a large amount of gold flows out every year in the purchase of expensive inventions from abroad. I have long thought that, in order to decrease imports and increase exports, we should encourage fundamental chemical research. Dr. Jōkichi Takamine has just returned from America. He has often advocated the establishment of a chemical research institute. Once he invited about 150 persons (intellectuals, technicians, and us businessmen) to the *Seiyōkan*, and held a conference in which he discussed the establishment of such an institute. In that very place, he declared, 'In order to commemorate the grand coronation ceremony held this year, we would like, with the help of the government and the general public, to set up a chemical research institute as an indispensable and basic means of advancing chemical research in Japan. In order to achieve our end, we should make the establishment of the institute a great national project, just as Prince Katsura founded *Saiseikai* (The Society for Public Welfare) in accordance with His Majesty's wishes. We sincerely hope that the government, businessmen and scholars will help us.' I was the first to approve his proposal, declaring that I would try to help him, regardless of the outcome. I consulted with Mr. Buei Nakano and appointed about twenty committee members on the spot. . ." The plan thus proposed reached fruition in the Institute of the Physical and Chemical Research. In the first part of "A Prospectus for the Establishment of the Physical and Chemical Research Institute", published in April of the 4th year of Taisho (1915), we find the following statement on the defective condition of science and technology in Japan: "Since the Meiji Restoration, Japanese civilization has made remarkable progress, but this was brought about chiefly through our imitation of European and American civilizations. This is especially true of chemistry and its application. It is most regrettable that we have been responsible for very few original inventions at the international level, our scientists simply using the results of researches done in Western countries. Though some try to produce original work, they cannot attain their aims for want of suitable facilities and financial support. We must not remain in this situation, but should establish a proper institute to encourage this type of research, and to accelerate the general industry progress from its foundation. Finally, we hope to contribute our investigations to the cultural development of the world, and to repay to Western countries the intellectual debts which have been ours for such a long time." We find many institutes of this sort in Western countries, for example, the National Physical Laboratory (in England), the Physikalisch Technische Reichsanstalt (in Germany), and the National Bureau of Standards (in America).

The Institute of the Physical and Chemical Research was thus established and it did accomplish many of the tasks expected of it. This fact is demonstrated in the list of "Prize Achievements at the Institute" conducted from the 10th year of Taisho to the 4th year of Showa (1921-1929).

However, while the establishment of the Institute of Physical and Chemical

Research was no doubt an epoch-making event in consolidating research organizations of science and technology, it was not the only one. The foundation of the Aviation Laboratory attached to Tokyo Imperial University is also noteworthy, since it was the first laboratory attached to a national university. "President Yamakawa decided, after much deliberation, to set up a research laboratory on the campus for basic study on aviation. In the 3rd year of Taisho (1914), when the Great War broke out in Europe, he began to put his idea into practice. He asked Marquis Okuma, Prime Minister and President of the Aviation Society, to introduce a bill in the cabinet meeting in May requesting the establishment of an aviation laboratory attached to a university. He succeeded, moreover, in getting the cabinet to make provision for this expenditure in the budget for the fiscal year of the 5th and 6th years of Taisho." Thus, in December of the 7th year of Taisho (1918), the Aviation Laboratory was founded. Next, the Iron and Steel Laboratory attached to Tōhoku Imperial University was founded in May of the 8th year of Taisho (1919). Following this, non-governmental research organizations were also established: for example, the Chemical Laboratory attached to Marumiya-shōten, the Laboratory at Tokyo Electric Co., the Laboratory at Shibaura-seisakusho and that of Mitsubishi Paper Manufacturing Co. As many as 162 private research laboratories are reported in Vol. 2 (**Outline History II**), No. 2, of the *Kogyō-chosa-ihō* (October, the 13th year of Taisho; 1924), and there were 3 others which were not reported.

Scientific studies in mathematics, physics, chemistry, biology, etc. made during the Taisho era (1912–1926), are described in the following volumes as follows: In **Mathematical Science** (Vol. 12), two chapters are allotted to this period: 7. "*Ruitairon* by Teiji Takagi", and 8. "Expansion of Colleges and Higher Technical Schools." In **Physical Science** (Vol. 13), chapter 4, "The Formation of a Chemical Tradition (1901–1916)", takes up from the 2nd half of the Meiji era and continues until the beginning of the Taisho era; then follow the next chapters: 5. "Physics in Japan in the Transitory Stage of Physical Science (1911–1917)"; 6. "Chemical Study After World War I (1917–1930)"; and 7. "Physics as Applied to the Outside World (1918–1927)." In **Biological Science** (Vol. 15) two chapters are assigned to this period: 6. "Development of the Research System"; and 7. "The Appearance of Original Research." The Taisho era saw many achievements which brought international fame to Japanese scientists and caused sensations in the scientific world; for example, *Ruitairon* by Teiji Takagi; Jun Ishihara's theory of relativity; the cytological theory of Kenjiro Fujii; the theory of non-decrement propagation of nerve outlined by Genichi Kato; and the discovery of small planet families by Seiji Hirayama.

Formal scientific relations with other countries were begun in the 39th year of Meiji (1906), when the Tokyo Academy (founded in the 12th year of Meiji; 1879), adopted the name of Imperial Academy and joined the World Academic Association. International conferences were first held in Japan in the Taisho era. From

early in the Meiji era Japanese scientists had often attended international scientific conferences, but no international conferences were held in Japan. During the Taisho period, however, Japan hosted such international conferences as the Conference of the Heads of the Weather Stations of Eastern Asia (from the 12th to 18th of May in the 2nd year of Taisho; 1913); the 6th Far Eastern Convention of Tropical Diseases (from the 12th to 16th of October in the 14th year of Taisho; 1925); the International Communication Congress of Hygiene Specialists (the 19th of October in the 14th year of Taisho); the 3rd Pan-Pacific Scientific Conference (from the 30th of October to the 11th of November in the 15th year of Taisho; 1926); the International Meeting on Technology and World Assembly on Motive Power (from the 29th of October to the 7th of November in the 4th year of Showa; 1929). It is also a notable event in the history of science in Japan that the Mizusawa Latitude Observatory was designated as the central office of the Department of Latitude Change in the International League of Astronomy, and Sakae Kikura was appointed its head.

Agricultural development in Japan in the Taisho era is described in the first half of **Agriculture II** (Vol. 23); and the medical situation of that period is explained in the first half of **Medicine II** (Vol. 25).

### 5. The Showa Era (1926–1960)

The year dividing the period 1926–1960 in half is the 20th year of Showa (1945), the year in which the Pacific War came to an end and a new Japan was organized according to American occupation policy. The first half of this period is dealt with in *Outline History IV* (Vol. 4), the chapters being: 1. “Resource Policy and Industrial Control”; 2. “The Attempt to Realize a High-pitched Industry”; 3. “Cultural Control and the Encouragement of Science”; 4. “National Mobilization and the Expansion of Productivity”; 5. “National Defense and the Transfiguration of Industrial Structure”; 6. “War and Scientific Mobilization”; 7. “The National Wartime Organization and the Reinforcement of Industry”; 8. “Science during the Final Stages of the War”; 9. “The Industrial System during the Final Stages”; 10. “Desolation, Atomic Bomb and Defeat.” According to *The Stages of Economic Growth*, a publication by W. W. Rostow, an American economist, the development of a capitalistic economy in Japan may be divided into five stages: traditional society (the Edo era); a transitional period, take-off (1878–1900); maturity (around 1940); and high-level mass consumption (around 1955), which Rostow sees as the final stage. Rostow’s work is a type of anti-communist manifesto, and thus has not received wide support. It is a matter of common knowledge, however, that the Japanese economy of the Meiji, Taisho, and Showa periods, though stricken by frequent panics (the first one in the 23rd year of Meiji; 1890), made steady and smooth progress from the feudalistic economy of the Edo era to capitalism. A high level of capitalism had already been reached when Japan began the Pacific War (1941–1945). This economic development could not have been achieved without

the introduction of European science and technology.

The first half of the Showa era (1926–1945) opened the age of world panic, and comprised fifteen war years. For us who live in the 1970's it is difficult to understand these fifteen years from the outbreak of the Manchurian Incident (the 18th day of September in the 6th year of Showa; 1931) to the termination of the Pacific War, World War II (the 15th of August in the 20th year of Showa; 1945). The interpretation of the editor of **Outline History IV** (Vol. 4) is presented in the introductory section as follows: "It is true that Japan, having striven since the Meiji Restoration to become a military state by means of a policy of wealth and armament and the encouragement of industries, encountered a serious breakdown in the course of her development. Such a breakdown, however, can be interpreted as a historical necessity, something which might happen to any growing country. This interpretation is by no means intended to justify the war, but at the same time, one must not disregard the fact that, Japan, as a developing country, had to resort to independent exploitation, even if this meant war. In other words, the breakdown of modern Japanese society by its war policy was, in view of the result, a phenomenon which promoted the modernization of the country. With regard to our chief concern, that is, the development of science and technology, we must stress the fact of its subordination to the war policy. In the first half of the Showa era, the period treated in this volume, science and technology in Japan became part of the wartime organization, and began, for the first time, to be so stimulated and modernized as to become part of the social organization."

In the first half of the Showa era (1926–1945), the most significant role in the modernization of Japanese science was played by the Japan Association for the Advancement of Science, established on the 28th of December in the 7th year of Showa (1932). The association was a judicial one, having H. H. Prince Chichibu (the Emperor's brother) as honorary president, and the director of the Japan Academy (Jōji Sakurai, 1932–39; Hantaro Nagaoka, 1939–1947) as chairman. It was a semi-governmental, semi-private organization, and its expenses were largely met by the government. A prospectus for the establishment of the Japan Association for the Advancement of Science, finally drawn up on the 6th of December in the 7th year of Showa (1932), describes the condition of science and technology in those days as follows: "Now turning to our country, we can see that the nation still lacks an understanding of the importance of scientific research, and has very little interest in its practical application. Thus we have few efficient institutions to promote and encourage scientific research, and competent researchers cannot achieve anything for want of financial help. We have almost no research institutions in which scientific studies can be undertaken for later application to industry. Moreover, there is little communication between institutes and laboratories, and researchers are often unable to make effective progress because of their isolation. Japan, therefore, has produced only a very small number of first-rate, creative scientists, and in the industrial world, almost all important developments have been

made possible through importation or imitation. We can cite no instance of an invention of ours being adopted in a foreign country and opening up a new industry there. In Japan, the results of scientific research are not given practical application as they are in Western countries, and a new invention or discovery is not utilized to promote further cultural development. It bodes ill for the future prosperity of the country that research expense is regarded as unnecessary, and, in time of depression, it is a common practise to curtail it before other expenses or not to pay it at all." It is surprising to notice that this prospectus, written in the 7th year of Showa (1932), is strikingly similar to the earlier document, "A Prospectus for the Establishment of the Physical and Chemical Research Institute" (1915), referred to in chapter 4. The growth of Japanese science and technology was very slow as compared with that of European countries.

Developments of the 2nd half of the Showa era (1945–1960), the period after World War II (the Pacific War), are taken up in **Outline History V** (Vol. 5). The titles of chapters 1 through 13 are: 1. A New Beginning under Occupation; 2. Economic Crisis and Scientific Technology; 3. Democratization in the Sphere of Science and Technology; 4. Innovation in the Scientific System; 5. Economic Reconstruction: Plan and Dodge-line; 6. Problems in Research Organization; 7. The Search for Economic Independence; 8. From Reconstruction to Rationalization; 9. War, Peace, and Colonization; 10. Measures for the Promotion of Science and Technology; 11. Reorganization of Technical Administration; 12. The Development of a Policy for a Heavy Chemical Industry; and 13. Signs of New Conditions.

Descriptions of particular scientific fields after World War II are given in each volume as follows: **Education III** (Vol. 10), chapters 7 through 14 (until the first part of the 40th year of Showa); **Agriculture II** (Vol. 23), the latter half of the volume (until the 20th of Showa); and **Medicine II** (Vol. 25), the latter half of the volume (until the 40th year of Showa). The chapters allotted to this period in **Mathematical Science** (Vol. 12) are: 12. Pure Mathematics After the War; 13. The Development of Statistical Science; 14. The Electronic Computer; 15. Mathematical Thought and the Enlightenment Movement; and 16. Various Aspects of Internationalization. The chapters in **Physical Science** (Vol. 13) are: 11. Physics After the War (from 1946); 12. Chemistry After the World War II (1946–1969). The chapters in **Astronomy and Earth Science** (Vol. 14) are: 12. The Development of Meteorology and Meteorological Activity; 13. Reorganization in the Earth Sciences; and 14. The Emergence of the Space Age. The chapters in **Biological Science** (Vol. 15) are: 9. A New Start under Difficulties; and 10. The Front Line of Modern Biology. The chapters in **Natural Environment** (Vol. 11) are: 13. Exploitation and Natural Disasters; 14. Isewan Typhoon; 15. Endemic and Epidemic Diseases; 16. The Protection of Nature; and 17. Local Cultivation, Natural Resources and Disaster. **Civil Engineering** (Vol. 16) assigns three chapters to the description of technology in the second half of the Showa era (1945–1960): 8. From Control to Management in Cities; 9. Reconstruction Work After the War; and 10. Highly

Developed Construction Work. In **Mechanical Engineering** (Vol. 18) the chapters are: 16. Automobile Industry After the War; 17. Post-war Transportation and Machinery; 18. Material Science and the Automatization of Machine Tools; and 19. A Perspective. **Electrical Engineering** (Vol. 19): 11. Electric Communication After the War; 12. Reconstruction, Technical Revolution and Wide-Area Operation; 13. The Development of Information Processing Techniques; and 14. Atomic Generation of Electric Power. **Mining and Metallurgy** (Vol. 20) contains the following chapters: 11. Post-war Mining and Metallurgy; and 12. Open Economy and Japanese Mining and Metallurgy. In **Chemical Engineering** (Vol. 21) the chapters are: 8. Reorganization of Chemical Techniques, beginning with Fertilizers (1946-1954); 9. The Conversion of Raw Materials and Petroleum Chemistry (1955-1960); and 10. Prospects—of Safety and Autonomy (after 1960).

As is shown in the chapters of the volumes listed above, this 25 volume outline history allots most space to scientific and technological developments after World War II. The chapters assigned to this period in **Philosophy** (Vol. 6) are: 9 Defeat, Reconstruction, Science and Technology; and 10. The Age of Science and Technology. The chapters of **International** (Vol. 7) are entitled: 12. The Atomic-Hydrogen Bomb and Scientists (1948-1955); 13. Science and Technology under 'Peaceful Coexistence' (1956-1965); and 14. Science and Technology in Under-developing Countries (1945-1965).

### Appendix

No.: Number of source materials

Vol.	Date of publication	No.	Vol.	Date of publication	No.
1	May	1964	257	14	May
2	January	1967	217	15	July
3	July	1967	213	16	May
4	May	1966	229	17	July
5	October	1964	218	18	November
6	December	1968	187	19	March
7	June	1968	152	20	February
8	December	1964	259	21	March
9	December	1965	205	22	October
10	June	1966	207	23	August
11	May	1968	229	24	October
12	September	1969	263	25	March
13	January	1970	198	Index	February

Total number of source materials 5,450

Total pages of all volumes 16,104

## **Survey of “Science in Colonialism”**

Shigeru NAKAYAMA\*

The following is a brief survey of chapters for science in relation to colonialism in *International Relations* volume, *Nippon Kagaku Gizyutusi Taikei 7* (1968).

### **The Place of Colonial Science before World War I**

Today most developing countries invite foreign aid, whether American or Soviet, military or economic. In the 19th century, however, there was no well-formulated colonial policy.

There were many scientist-explorers, who came to the East Asia to search for flora and fauna, or other findings of “local science”. These people contributed to the academic world of their home countries, not to the advancement of scientific standards of the natives.

It is hard to generalize the situation of the whole Asian region, as the conditions vary according to each country. Therefore, in the following, I shall take one example from the Dutch East India.

Pastors and medical doctors were first invited there to serve the white colonists. Western medicine proved ineffective in treating “local diseases”, by which the colonists were easily infected. Thus, the white doctors improved the sanitary conditions of the white residential areas, and established bacteriological institutes where the just-born vacteriological method was introduced.<sup>1</sup>

Hygienic problems could not be solved by cleaning up only the white residences; the surrounding native areas had also to be taken care of. Furthermore, the colonists wanted to decrease labor losses due to sickness among the slave employees on their plantations. The Dutch doctors alone could not supply sufficient health care for all the natives, so the colonial government started to recruit and train natives as lower-class hygiene officers by establishing training centers. As higher standards of medical techniques became needed, these centers were turned into medical colleges, with courses in language and basic sciences on the secondary education level. This is how higher education in Indonesia was founded.

On the contrary, the activities of British and American missionaries were more aggressive and systematic. They had a long-established authority in the Western educational world in primary and secondary schooling, and they extended

---

\* College of General Education, University of Tokyo.

<sup>1</sup> Paul Christiaan Flu: *The History and Present State of Scientific, Medical Research in the Dutch East Indies* (published by Internationale Circumpacifische Onderzoek Commissie, ca. 1930)

their education policy freely to the non-Western areas, especially where no existing system conflicted with it.

It is possible to draw a clear contrast between two extremes in colonial educational policy—the French and American.<sup>2</sup>

The French policy was almost completely controlled by the home government. They forced natives to give up their native language (except in Indo-China), and missionary activities (Catholic) were subordinated to the directives of the government.

On the other hand, overseas colonial policies of America were never interfered with by the home governments, federal or state. Colonial education was carried out solely by private institutions, mainly missionary organizations and the Rockefeller Foundation.

They were highly mission-oriented. They believed in the "American ideal", the American high living standard, and that civilization and power were due to education, and thus that it was the noble mission of Americans to diffuse this ideal all over the world.

It is generally admitted that French policy is the worst of all and the American is most enlightening—though the latter is often criticized in that enthusiasm for the ideal blinded their consideration of native conditions, as testified in the Philippines, where young enthusiastic Deweyite teachers were eventually disillusioned. British and Dutch policies fall somewhere between these two extremes. Japanese policy was closer to the French.

### Science and Language

No one will question the importance of language for conveying Western science and in delivering health care. We can find a typical problem in India.

Unlike the French, the British colonists tried to keep the Indian people out of touch with the English language, so as not to humiliate the tradition-minded Indians. But from the early part of the 18th century, partly due to pressures from enlightened natives who wanted the benefits of Western culture and partly due to the desires of some missionaries to evangelize through the English language, the colonial government agreed to permit language teaching for sons of the upper class; the latter were sent to British universities, and on returning home they played the part of a privileged ruling class under the British colonists.

These people became fluent in English (the only unifying language) but the rest of the population was left uneducated. As a result, a double culture was created: an English-speaking upper class and the native mass. English is certainly an effective language for practicing science and Western medicine. A Western-oriented Japanese minister of education once tried to convert from Japanese to English late in the 19th century, but failed. If the Japanese had adopted English,

<sup>2</sup> Herbert Theodore Becker: *Die Kolonialpädagogik der grossen Mächte — Ein Kapitel der vergleichenden Erziehungswissenschaft der Gegenwart* (Hamburg, 1939).

then they may not have been linguistically handicapped in the international conferences of scientific research. But, at the same time, scientific culture would have remained only in the sphere of the upper class and would never have permeated the level of the general public. Health care might not have been delivered to the lower classes either. Out of this experience we should draw the lesson to consider seriously the problem of rendering scientific terms into native languages.

### The Professions in Colonialism

Effective colonial administration requires the recruitment of lower-class officials and engineers from native human resources. However, the overproduction of intellectuals should be cautiously avoided; otherwise, jobless intellectuals turn into revolutionaries who undermine colonial regimes.

On the other hand, what native persons want to gain from education is technical knowledge, which guarantees privileged social positions even under colonialism. Medical work is, no doubt, one of the best technical professions. It seems to me that in the absence of pressures from below and without competition, the native medical profession often tends to be conservative.

### Between the Two World Wars

Some say the Russo-Japanese War of 1904–1905 ignited nationalism in the non-Western area, since it proved for the first time in modern history that a non-Western national could defeat a Western one. Psychologically it may be, the real start of non-Western nationalism came on the eve of World War I when most of the European nations, busy fighting each other, lost their effective margin of controlling power over colonial lands. Indeed, it may be said that it was not Germany that was defeated in World War I, but Europe, the winner being the non-Western world.

As a model of nationalistic movements, the Soviet socialist regime emerged and appealed to many nations, replacing the outdated "Meiji" model. At the same time there arose in most countries a somewhat more affluent native middle class, which demanded access to higher education.

Faced with this new situation, colonial policy had to be modified considerably. In response to native demands, colonial governments adopted compromise policies, such as setting up local universities—which turned out to be centers of nationalistic movements—and cultural friendship agencies, while more rational and systematic means of control were enforced.

Missionary activity has often been regarded as the other side of the coin of colonialism. After World War I the rise of nationalism inhibited the diffusion of Christianity. In order to adapt itself to the new circumstances, mission organizations were obliged to re-examine their policies. In 1928 the Jerusalem Conference of International Missions came to the conclusion that "the fundamental purpose of

Christian mission should be clearly distinguished from the cultural and economic expansion of European nations and the U.S.A." Western colonialism and missionary activity had to be essentially different in purpose and function. Confronted with the rise of native nationalism, continued co-operation with Western powers meant for them to share the destiny of colonialism. Hence, they tried to escape from the bonds of colonial policy.

Furthermore, they had to change attitudes toward industrialization, which the non-Western peoples sought, and thus took the stand that "our enemy is not natural science but materialism". Anti-scientism, as exemplified in opposition to the theory of evolution, no longer appealed to enlightened non-Western peoples. This also happened to be the time of the decline of charity-type health care. Influenced by the diffusion of socialistic ideology, medical evangelism shifted its focus from charity to social security. The 19th century continued to exhibit optimism in the curing of social diseases from the bottom up by means of charity. But with the rise of mass consciousness of health care in the first half of the 20th century, people began to take the initiative in thinking of their own health.

I must mention something about Japanese colonialism in Korea. As a late-comer in imperialistic competition, Japan was able to formulate the most systematic and thoroughly rationalized type of colonial policy. In the beginning the colonial administration focussed its energy on economic aspects, setting education aside, except for emphasis primarily on Japanese language and medical care to create better hygiene conditions. Engineers were all provided from Japan.

After World War I, in order to weaken the rise of nationalism, the colonial government took educational policy seriously and founded Seoul University, partly to meet local demand, though this institution was mainly for the sons of Japanese colonists.

#### Catching-up Model or Indigenous Course

Several of my Indian colleges who tackle the problems of modernization of Indian science have asked a question if it is possible for her to follow the Japanese model of modernization. My answer is negative since The Japanese experience was, after all, a 19th century one. The world situation has since changed very much, and it would be a terribly obsolete model to follow now. Japan began its modernization late in the 19th century when imperialistic competition became very tense; and though the Indians themselves did not experience it directly, most East Asian peoples can testify to Japanese cruelty. Even in the field of science, geologists and biologists were sent to neighbouring countries as vanguards of invasion. If we take account of the Japanese "Meiji model" analytically rather than rhetorically, we may find some elements still to be followed even now, such as its education policy; but the scheme of "strengthening military power" is not acceptable in the present situation when "gobbling up one's neighbors" is practically impossible.

Then what model is to be followed? Between the First and Second World Wars

it was claimed that the most likely cause of wars is the gap in the amounts of natural resources, such as petroleum and iron. Today, we can perhaps say, in a somewhat modified fashion, that the main cause is the science and technology gap. Those who have science and technology can kill and control, while those who do not have it are killed and controlled. This technology gap between advanced and developing countries seems to be ever increasing; at the moment, at least, there is no sign of its diminishing.

Under the circumstances, this matter was raised and discussed at the Peking Symposium held in 1964. I was informed by a Japanese friend of mine who attended this symposium that a Japanese physicist delegate proposed the creation of an entirely new science without following any Western precedents. His proposal was applauded by the Chinese, but most of the delegates from other developing countries did not take it so seriously, as they were preoccupied with only a fixed target of catching-up with Western standards of science as quickly as possible.

Although we are not well informed about the position of science and technology in the Cultural Revolution in China, I gather from the writings of K. Yamada, that they are trying an "anti-technocratic" approach to science. Such an approach involves (1) complete control of science by laborers, (2) the priority of political action over technical solutions, and (3) the education of engineers through participation in production labour rather than normal schooling.<sup>8</sup>

Obviously we cannot break away from the existing course of scientific development (Japan's modernization model) as long as we adhere to imitating Western precedents. The Chinese experiment of blocking technocracy is, at least, an interesting experiment, though I am not too optimistic about its eventual success. It may, however, offer a challenge to the developmental models of developing countries.

---

<sup>8</sup> Keiji Yamada: "The Science and Technology of Contemporary China" *China and the Great Cultural Revolution* (World Student Christian Federation Asia Office, Tokyo, 1969, mimeograph), pp. 63-80.



## **Research Group of the Committee for the Publication of Hantaro Nagaoka's Biography**

Eri YAGI\*

The Research Group, whose members are Dr. Kiyonobu Itakura of the National Institute for Education Research, Mr. Tōsaku Kimura of the National Science Museum, and myself, has completed a biography of Hantaro Nagaoka, which will be published soon (in Japanese) by the Asahi Newspaper Publisher in Tokyo. The Research Group was organized by the Committee in 1963. It was just after the special exhibition of Nagaoka's science activities, held at the National Science Museum in Tokyo by the support of the History of Science Society of Japan. The Committee has been directed by Professor Yoshio Fujioka, who had learned physics under Nagaoka.

Unpublished materials, *e.g.*, Nagaoka's notebooks, diaries, correspondences, photos were generously donated to the National Science Museum by the family of Nagaoka. In addition, those who had been in contact with Nagaoka kindly contributed informations to the Research Group. The above materials and informations have been arranged, cataloged, and examined by the Research Group.

Hantaro Nagaoka was born at Nagasaki prefecture in the southern part of Japan in 1865 and died in Tokyo in 1950. He was primarily responsible for promoting the advancement of physics in Japan, between 1900 and 1925, as a professor at the Department of Physics, the University of Tokyo. In the earlier period before Nagaoka started his researches, such local studies as the properties of Japanese magic mirrors, earthquakes, and geomagnetism had dominated by the influence of foreign teachers in Japan. In addition to the study of atomic structure, Nagaoka covered varied fields in physics as magnetostriction, geophysics, mathematical physics, spectroscopy, and radio waves. It seems to me that the present Japanese tradition of modern experimental and theoretical physics was almost formed by Nagaoka and his successors. Therefore the book on Nagaoka's biography concerned with the development of physics in Japan as well as that of Nagaoka himself. The contents of the book are as follows:

- I. Nagaoka's childhood and the beginning of physics in Japan in the 19th century.
  - I-1. Childhood and the family of Nagaoka.
  - I-2. Middle school education.
  - I-3. Beginning of physics in Japan.
  - I-4. Student period, the Department of Physics, the University of Tokyo.

---

\* Faculty of Engineering, Tōyō University, Kawagoe-shi.

- II. From the experimental investigations of magnetostriction to the presentation of Nagaoka's Saturnian atomic model (1887–1903).
  - II-1. Graduate student period.
  - II-2. Investigations of magnetostriction and their origin.
  - II-3. Associate professor period, the University of Tokyo.
  - II-4. Studying in Germany (1893–96).
  - II-5. Early professor period, the University of Tokyo.
  - II-6. From the participation in the First International Congress of Physics (Paris, 1900) to the presentation of Saturnian atomic model.
- III. Age of Saturnian atomic model (1904–1910).
  - III-1. Origin of Nagaoka's Saturnian atomic model.
  - III-2. Development of Saturnian atomic model.
  - III-3. Social background and international impact of Saturnian atomic model.
  - III-4. Nagaoka's atomic structure and his early spectroscopic studies.
  - III-5. Nagaoka's coil coefficients and his studies on geophysics.
- IV. Studies on spectroscopy and his retirement from the University of Tokyo (1911–1930).
  - IV-1. Nagaoka and the age of "revolution of physics".
  - IV-2. Nagaoka's spectroscopic studies and his nuclear structure.
  - IV-3. Nagaoka and the establishment of the Institute of Physical and Chemical Researches in Tokyo.
  - IV-4. Nagaoka's experiment on the transmutation of mercury into gold and its social background.
  - IV-5. Period of his retirement from the University of Tokyo.
- V. Nagaoka as a science administrator (1931–1950).
  - V-1. Period of the president of the University of Osaka.
  - V-2. Period of the president of the Imperial Academy of Japan.
  - V-3. Nagaoka as the top science administrator of Japan.
  - V-4. Period of World War. II.
  - V-5. End of the war and Nagaoka's final years.

## Teaching History of Science in Japan\*

Masao WATANABE\*\*

In Japan, history of science was taught at only very few institutions before World War II. The subjects were also limited, in most cases, to the history of specialized disciplines, such as medical science, architecture, and agriculture. After World War II, however, as a new educational system was adopted from the United States of America, and as non-science students were accordingly required to take a certain amount of courses in natural science, history of science came to be taught at many universities and colleges. At the same time, history of science for science majors also came to be offered.

There exist some 350 universities and colleges in Japan, without counting junior colleges. According to an investigation made seven years ago, about half of these institutions were offering history of science and/or technology—at least one course each year at each of these institutions. Courses may be ones in general education or those which deal with the history of specialized fields of science and allied technology. The interest of students in the history of science is rapidly increasing today. Consequently, at present, there must be more courses being offered at other institutions than the above-mentioned.

It is not necessary here to mention the importance in general of the history of science for contemporary university education. But let me say a few words as to the particular aspect of the importance of history of science in Japanese educational institutions.

Natural science and its allied technology originated in the Western cultural zone and not in Japan. Therefore, Japan had to introduce this from the West. Because she had to learn it in a short period of time, and also because of the Japanese people's way of thinking, little effort has been made to integrate this element of Western culture into the indigenous; the two different components were both present but almost separate from each other.

Education has been focused mainly on the training of students in specialized fields of study. Even on the high school level, scientific disciplines and humanistic disciplines, including Japanese and Chinese classics, have been taught without aiming at the establishment of an adequate relationship with each other. But, I

---

\* This paper was read at the Meeting devoted to the problems of teaching the history of science, the XIIIth International Congress of the History of Science, and will be published in its forthcoming *Proceedings*. The author is grateful to its Organizing Committee for giving him the permission to publish the present paper here also.

\*\* University of Tokyo, Division of History and Philosophy of Science, Komaba, Meguro-ku, Tokyo.

feel, it is very much necessary to help young students to see how these two areas of human intellectual and aesthetic activities have been and should be interrelated, and how the Western cultural elements and scientific method should be integrated with the traditional Japanese cultural elements. Here, I believe, history of science in its broadest sense, in connection with intellectual history, history of ideas, and with comparative cultures, comes in and can play a very significant role.

How natural science and its allied technology was born in the Western world. How this developed. What was its relations with and influences on other aspects of human life and world. How it was transmitted to our country. What kind of effects it produced there, where the entire cultural background was quite different. This awareness and study will certainly give deep insight and broad prospect to young students. Therefore, history of science is, I believe, particularly important in our education in Japan today.

The number of courses in history of science and technology has certainly increased in the Japanese universities and colleges. They are offered both in the category of general education and in that of specialized studies. But one of the major problems is that most of the professors who teach these courses are professors, for instance, of physics, chemistry, biology, engineering and so on. They are not full-time historians of science and technology. What we need very much is, therefore, to have places to produce full-time historians of science, namely departments and graduate schools for the study of history of science and technology.

At present, there are about ten universities and colleges in Japan where undergraduate students may somehow be able to write their theses in the history of science or technology. But these are not quite established courses as yet. The only exception has been the Division of History and Philosophy of Science in the Department of Liberal Arts, University of Tokyo, to which I presently belong.

This Department was opened after World War II and consists of various fields of interdisciplinary studies, such as anthropology, comparative cultures, international relations, regional studies, and history and philosophy of science. Here, students have been able to major in the history or philosophy of science. We have some six or seven highly qualified students each year. Only last year a new graduate course was opened on top of this Division of History and Philosophy of Science. We now have nine graduate students, six in the history of science and three in the philosophy of science. For this graduate course, however, there are only three full-time professors including myself. We have six others from other divisions and departments to help us.

The above-mentioned is the only graduate course presently existing in Japan for the study of history of science. Obviously this is not sufficient. Therefore, we sometimes have had to send our students abroad, mostly to American universities where more facilities and opportunities exist.

This is a very brief description. But I hope it will give you some idea about the present state of teaching of history of science in Japan.

# Lettres d'un ingénieur français en Japon de 1877 à 1881

—DE P. OZIER À F. COIGNET—

## Avant-propos

Au cours de la recherche des Européens et des Américains qui venaient au Japon durant les dernières années du XIX<sup>e</sup> siècle, plus exactement depuis la Restauration de 1868, nous avons obtenu un paquet des papiers contenant les lettres de P. Ozier à F. Coignet, etc. F. Coignet était le premier ingénieur employé par le gouvernement japonais qui se formait de nouveau après la Restauration. Ce n'est pas certain quand il venait à notre pays, mais il était employé premièrement par le Prince de Satsuma devant la Restauration, et travaillait à la mine d'or de Satsuma. Après la Restauration, il était adopté par le gouvernement, et servait quelques années à Ikouno dans le province Tajima comme le directeur technique de la mine. Il me semble que le Prince voulut un autre ingénieur au lieu de Coignet à administrer les mines d'or dans son fief (le système féodal en quelque sorte subsistait jusqu'à 1871), et peut-être demandât à Coignet de présenter un ingénieur français de mine. Coignet, ancien élève de l'Ecole spéciale des mines de Saint Etienne, recommandât un de ses camarades Paul Ozier.

Ozier arriva au Japon via les Etats-Unis en été 1877, alors Coignet s'était revenu à son pays natal. Donc Ozier rendait compte à Coignet toutes les choses qu'il rencontrait au Japon. Il y a 14 lettres envoyées du Japon à Coignet en France de 1877 à 1881. Nous avons traduit celles-là avec des autres en japonais et imprimé en brochure, et maintenant présentons ici les textes français, parce qu'elles sont intéressantes non seulement au point de vue de l'histoire des techniques à notre pays, mais aussi de relation culturelle entre l'ouest et nous.

Le paquet susdit contient de plus 2 lettres d'Ozier (1890) qui sont écrites à Lyon, où restait-il après qu'il retourna à la France, et 15 lettres adressées à Coignet d'autres qu'Ozier (1884-1890). Celles-ci nous informent que Coignet cherchait une nouvelle position en France. Nous en omettons ici.

La recherche des Européens et des Américains susdite était un des thèmes du Centre de la Recherche de culture d'Asie orientale (chez le Tôyô Bunko, Honkomagome 2-28-21, Bunkyôku, Tokyo, Japon). Les lettres rapportées ici sont conservées par le Centre. Nous remercions à l'autorité du Centre de nous permettre publier les textes dans notre journal.

S. Yajima\*

---

\* Tokyo College of Science, Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo.

## I

Yokohama, 25 juillet 1877.

Mon cher Coignet,

En arrivant ici, j'ai trouvé ta lettre chez M<sup>r</sup> Jubin, qui m'a accueilli en véritable ami d'un ami. Je ne savais absolument rien sur la gravité des troubles Japonais<sup>1</sup> jusqu'à mon départ de San Francisco, je n'ai connu la vérité que sur le Steamer Oceanic où se trouvaient avec moi, deux Japonais de Kagoshima. Je te suis donc très reconnaissant de conseiller que tu m'envoies; peut-être aurai-je lieu de les utiliser, car le gouvernement vient d'expédier un renfort de 3000 soldats sur les pays révoltés.

Le consulat Français m'a remis l'un des plis que tu y avais déposé, celui contenant la lettre du ministre Itô<sup>2</sup> avec la teneur de mon contrat en anglais. Quant au deuxième pli, on ne me l'a pas remis parce qu'il ne porte pas d'indication de sa destination, le Gérant actuel du Consulat, qui est un nouveau venu, m'a demandé quelques jours avant de m'en donner communication. Quoiqu'il en soit, les pièces que je possède maintenant, me paraissent suffisantes pour être à l'abri de toute inquiétude, car elles engagent d'une façon absolue le ministre Itô, qui est toujours au pouvoir. Je lui ai écrit ainsi qu'à M<sup>r</sup> Asakura,<sup>3</sup> et j'attends la réponse; sois persuadé que je ne négligerai rien pour être utile à ces Messieurs dans la mesure de mes moyens. J'espère que tout ira bien, seulement M<sup>r</sup> Jubin doute qu'on me laisse partir de suite dans le sud; s'il fallait poser ici trop longtemps, j'en serais assez contrarié, enfin je ferai pour le mieux.

Tu connais le pays mieux que moi, je n'en dirai donc rien ici; seulement je t'avoue que ma première impression est sincèrement agréable, je suis très étonné de tout ce que je vois, c'est curieux et intéressant, ce peuple semble aussi bon, aussi simple que tu me l'as toujours représenté. La nudité est tout à fait à la mode ici, cela paraît fort drôle; il est vrai qu'il fait rudement chaud.

Nous sommes venus en 18 jours de San Francisco, et nous avons eu froid jusqu'à 2 jours de Yokohama, la transition est donc très raide, il faut quelques jours pour s'acclimater.

En Californie j'ai étudié surtout Virginia, Gold Hill, Grass Valley et l'exploitation des placers. Tout cela est admirablement monté aujourd'hui, et m'aidera je l'espère à réussir. Il n'y a pas de méthodes de traitement vraiment nouvelles sur ces divers points; les broyeurs américains sont excellentes et nécessaires pour abaisser la main d'œuvre et toutes les machines sont très perfectionnées en Nevada. Quelles richesses inouïes à Virginia! c'est à confondre l'imagination.

J'ai vu de très près la chlorination de Grass Valley, et ce moyen simple me semble excellent pour les pyrites pauvres en argent. Je tâcherai certainement de l'appliquer s'il y a lieu, car il est très économique. La mine Eureka est finie, j'ai

<sup>1</sup> En février 1877, une guerre civile eut lieu à Kagoshima, dont l'instigateur fut Saigô (Takamori). (Note de rédacteur.)

<sup>2</sup> Itô (Hiromune) fut alors ministre d'industrie, et plus tard président du conseil.

<sup>3</sup> Asakura (Moriaki), chef de bureau à la mine d'or d'Ikouno, qui était administrée par le gouvernement.

assisté à son dernier jour, c'est l'Idaho qui tient la tête à Grass Valley et il y a là une magnifique installation.

M<sup>r</sup> Watt m'a parfaitement accueilli. M<sup>r</sup> Forest m'a parlé de toi avec plaisir, mais je n'ai pas vu M<sup>r</sup> Guillemin, il était à San José. En résumé, j'ai fait un magnifique et excellent voyage, qui me sera profitable. Les Américains sont loin de faire mon caprice avec leur écorce raboteuse, l'urbanité est peu à la mode dans leur immense pays. Ils ont cependant une qualité particulière, ils aiment la France, et s'intéressent beaucoup à son avenir politique. Je suis bien en retard sur ce point maintenant, il me semble qu'on nous fait de triste besogne, et j'espère que les élections prochaines donneront au Mac-Mahonisme ou au Bioglionisme le renforcement qui leur convient.

En attendant une heureuse solution, je te souhaite la santé, et je te prie d'être mon interprète aimable auprès de ton excellente famille et de Madame Coignet en particulier. Je compte vous donner souvent de mes nouvelles, et je recevrai les vôtres avec un véritable plaisir.

Ton ami dévoué  
P. Ozier.

Bon jour à Grosjean et Gillet.

[en marge du premier folio recto] Le premier jour de mon arrivée ici premier tremblement de terre, j'ai cru que tout allait s'effondrer sur moi. Le deuxième jour, pendant le dîner chez M<sup>r</sup> Jubin, deuxième commotion plus faible, on ne s'en émeut pas, je tâcherai de ni y faire aussi. . . .

[en marge du premier fol. verso] Le Comptoir d'Escompte de Paris supprime sa succursale de Yokohama dès à présent, j'ignore comment je pourrai envoyer des fonds en France, mais cet incident est fâcheux.

[en marge de fol. 2 recto] J'allais oublier de te dire que mes progrès en anglais sont très notables, et je ne désespère plus d'arriver à apprendre le japonais.

[en marge de fol. 2 verso] Tu me feras plaisir de me tenir au courant de ce qui surviendra avec MM Roussel et Sarran; ce sont d'excellentes gens, et je voudrais que leur mines fussent comme eux.

## II

Tokio, 10 août 1877.

Mon cher Coignet,

Deux mots pour te rassurer sur mon sort: j'ai été parfaitement accueilli par Narabara,<sup>4</sup> qui a été fort sensible à ton bon souvenir. En m'annonçant que, pour le moment, la guerre ne permettait pas mon séjour chez Satsuma, il a ajouté que cela ne changerait rien à nos conventions, qu'au besoin, un poste différent me serait offert par le gouvernement. Ces communications étaient officielles, et faites de la part de M<sup>r</sup> Itô, avec lequel j'ai échangé des lettres.

---

<sup>4</sup> Narabara, homme d'affaires du Prince de Satsuma.

Tout marche donc à souhait jusqu'ici, mais je vérifie ce que tu m'as souvent répété: *Time is not money at Japan.* On n'est pas pressé. J'ai beau réclamer une solution prochaine, elle se fait attendre. Cependant, sur mes instances, on vient de me promettre une décision d'ici à 10 jours, en ajoutant que la guerre touchait à sa fin, et que l'on aurait besoin d'un ingénieur dans le pays de Satsuma, mais ailleurs que chez le Prince.

On a eu, tout d'abord, l'intention de m'envoyer relever les plans des mines d'Innai,<sup>5</sup> je l'ai su par une lettre de Mouchet,<sup>6</sup> mais on ne m'en a rien dit. Enfin, tu peux compter que j'agirai pour le mieux avec les Japonais, sans cependant, accepter les yeux fermés, le premier poste venu.

Ce qui me contrarie, est d'être retenu à flâner à Yédo, j'aurais mille fois préféré passer ce temps à Ikouno auprès des amis. Enfin, j'espère que cette satisfaction ne me sera pas refusée. De mon dernier entretien, il semblerait bien ressortir, que l'exécution des projets miniers de Satsuma serait différée pendant quelques temps. Tout cela est un peu troublé comme tu le vois, on est très désorienté par la résistance de Saigo, et les affaires autres que celles de la guerre, sont peu à l'ordre du jour, voilà le fin mot.

D'aucuns prétendent que Saigo est homme à lutter longtemps, peut être nié me à vaincre, on ne sait donc guère où prendre la vérité. Je te tiendrai au courant de ce qui surviendra.

Au Consulat, on m'a remis ton pli à mon adresse, et en échange j'y ai laissé le traité signé par toi. Mon traité définitif sera, m'a-t-on assuré, signé prochainement. Espérons donc que tout ira bien, j'ai peu d'inquiétude à cet égard, et je te sais le meilleur gré de la sollicitude que tu m'as témoignée dans ta dernière lettre à l'endroit de ce règlement d'affaires. Je puis me considérer, dès à présent, comme appartenant au service du gouvernement.

Mes appointements n'ont pas encore été réglés, je suis donc obligé de différer l'envoi de la somme que tu sais; de plus le change est extrêmement bas, s'il fallait perdre trop j'attendrais de meilleur cours et en attendant je placerais cet argent à l'Oriental Bank, c. à. d. sûrement.

A ce propos, le Comptoir d'Escompte de Paris vient de supprimer sa succursale du Japon, ce qui est très fâcheux pour nous, les envois d'argent devenant moins faciles.

Je ne veux pas oublier de te dire que tous ces Messieurs de Yokohama, ont été charmants avec moi, et m'ont accueilli en ami; nous avons beaucoup parlé de toi, et ils regrettent sincèrement ton départ. Je commence à avoir épousé les curiosités du pays, ce monde nouveau pour moi est vraiment intéressant, et quelle riche nature partout et toujours. Mes épatemens ont été fréquents au début, maintenant je suis acclimaté.

Adieu, présente mes compliments à Madame, et rappelle moi je te prie au

<sup>5</sup> Innai est la mine d'argent dans le province Ugo (maintenant préfecture Akita).

<sup>6</sup> Mouchet (Emile-Théophile), ingénieur en chef à Ikouno, succédant Coignet.

souvenir de ta famille.

Ton ami dévoué

P. Ozier.

### III

Yokohama, 6 septembre 1877.

Mon cher Coignet,

Ta lettre du 20 juillet m'est arrivée hier, et tu as dû recevoir la mienne datée à peu près, de la même époque, répondant à celle où tu me manifestais de l'inquiétude à mon endroit. Tu dois bien être persuadé que je ne manquerai jamais de te tenir au courant de mes faits et gestes, et j'espère que ta pointe d'humeur a été victorieusement combattue par cette communication japonaise. Il y aura toujours plaisir pour moi, à te donner souvent de mes nouvelles et si, par hasard, il venait à se produire quelque interruption prolongée, n'accuse jamais ma bonne volonté. Voici maintenant où j'en suis, ainsi que mon frère a dû t'en faire part:

De prime abord, j'ai échangé plusieurs lettres avec M<sup>r</sup> le ministre Itô, puis on m'a fait venir à Tokio, où j'ai été accueilli et reçu très cordialement par M<sup>r</sup> Narabara, et au lieu de discuter en quoique ce soit, tes termes de mon contrat, on m'a proposé de le transférer au nom de l'Etat qui me réservera un poste autre que Yamaga,<sup>7</sup> le gouvernement prévoyant un sursis d'une année au moins, pour les exploitations de Satsuma. Puis, les chances de la guerre ayant semblé, un instant, très favorables aux Impériaux, on a eu l'espoir de pouvoir me diriger sur Yamaga. Cet espoir n'a malheureusement pas été confirmé par la suite des événements, voilà que Saigo a réoccupé Kagoshima, et je reste comme ci-devant, le bec dans l'eau.

M<sup>r</sup> Narabara est parti du côté de cette dernière ville, et nos négociations ne reprendront qu'à son retour, soit dans un mois. En attendant, j'ai obtenu d'aller à Ikouno, et c'est pourquoi je t'écris d'Yokohama. J'étais venu ici hier, pour m'embarquer à Kobé, seulement les 3000 hommes de troupes qu'on envoyait, hier même, dans le sud, ont empêché de prendre des passagers; mon voyage d'Ikouno se trouve ainsi repoussé à la semaine prochaine. Aujourd'hui, la guerre absorbe toutes les préoccupations des ministres, qui avaient eu la légèreté de rappeler une partie de l'armée au lieu de garder soigneusement toutes les provinces insurgées. Il faut maintenant le retourner, et tout le monde croit à une résistance encore longue, les bruits de victoires impériales étant constamment démentis par les événements.

Sans qu'on se soit prononcé clairement à mon sujet, j'ai pu comprendre que l'on songeait à m'expédier à Innai. Tes avis précieux et détaillés me tracent la ligne de conduite à adopter, je les suivrai en tous points; Mouchet avec qui j'ai échangé plusieurs lettres, m'a conseillé absolument comme toi. Il est donc naturel de refuser et de manœuvrer en vue d'obtenir Miiké,<sup>8</sup> ce sera là mon point de mire. Mais tu peux être tranquille sur mon attitude avec les Japonais, malgré toutes les

<sup>7</sup> Exactement Yamagano, mine d'or à Satsuma.

<sup>8</sup> Miike, mine de houille dans le nord Kyûshû.

calomnies qu'on m'a insinuées, ici, sur leur compte, je suis resté calme et digne dans tous nos rapports, et je n'ai eu qu'à m'en féliciter jusqu'ici. Tu les as bien jugés, il faut, avec eux, une politesse exquise comme la leur, avec beaucoup de fermeté, en se tenant dans ces eaux-là, on doit forcément arriver à ses fins.

Je ne désespère donc de rien, je regrette franchement l'inactivité qu'entraînent pour moi, des circonstances auxquelles je suis complètement étranger, mais je me plaît à reconnaître que tout s'est passé d'une façon plus que parlementaire, et rien ne m'autorise à penser que cela puisse changer par la suite. Je commence à bien saisir la manière d'être et la mobilité des Japonais, tu peux donc compter, en ce qui concerne, sur une réserve prudente et sur les meilleurs procédés. Le but que nous nous proposons est de soutenir, dans notre ressort, l'influence et la considérations de notre nationalité, par conséquent d'attirer ici, des camarades; je ne perdra pas de vue cet objet. Si j'ai la bonne chance d'aller à Miiké, des difficultés de métier seront bien simplifiées, puisque d'après toi, l'affaire est excellente; or, la première condition pour gagner l'estime des Japonais, étant leur donner rapidement des bénéfices; les choses étant ce qu'elles sont, il faut que j'arrive à Miiké.

Si regrettable que soit l'affaire des acides, elle ne me semble pas devoir entraîner une perte pour toi. A mon avis, Letertre<sup>9</sup> n'est pas responsable, parce que, lors de l'expédition, il me fit observer la nature et l'importance des risques à courir, aucune Compagnie maritime ne pouvant d'après ses status, se charger *avec garantie*, d'articles qualifiés explosibles ou dangereux. Tu dois te souvenir que mon expédition fut faite sur ta demande instante, et que je te donnai, alors, des explications exactement conformes aux faits qui se produisent à présent. Cela ne m'empêchera pas d'écrire à Letertre dans le sens que tu désires.

Mais, selon moi aussi, te ne dois pas perdre un centime, et je ferai tous mes efforts auprès de Narabara, pour que tu sois remboursé intégralement, c'est trop juste, nous en reparlerons donc dans un mois.

Je suis bien aise d'avoir reçu la facture Rouff,<sup>10</sup> et je te remercie de l'avoir soldée, ainsi que mes transports Letertre. Bonne note est prise de tout, quand Narabara sera revenu, nous réglerons nos comptes; je l'ai fait informer que tu m'as remis une somme dont on aura à te compter 1% par mois, cela se réalisera je pense, sans aucune difficulté.

Quant à la mine Roussel, tu t'es parfaitement posé, et il me semble probable que le rapport te sera confié; tu sais que les négociants se font souvent tirer l'oreille avant de rien conclure; donc, étant donné qu'ils ont besoin de conseils techniques, ils arriveront à s'exécuter, parce que leur conviction est faite sur ton expérience dans la matière, cela ne doit pas faire un pli, et il est évident que tu trouveras bien d'autres affaires avec le concours des hommes de Paris.

J'ai appris avec plaisir ton installation rue St-Joseph, ce quartier vaut mieux,

---

<sup>9</sup> Letertre est le transporteur maritime à Marseilles. Quelques bouteilles des acides semblaient brisées au cours de la transportation.

<sup>10</sup> Rouff, opticien constructeur d'instruments à Saint Etienne.

pour ta santé, que les quais, et te rapproche des amis Gillet et Grosjean. Rappelle donc, à la première occasion, mon bon souvenir à ces excellents camarades. Ici on me parle souvent de toi, et on te regrette; tout le monde va bien excepté Jubin, qui souffre beaucoup de douleurs d'estomac, nous devons aller ensemble à Kobé, s'il se rétablit. Je profite largement de ma liberté, pour étudier le japonais et l'anglais, ça marche très bien de ce côté et je sens arriver à pouvoir me passer d'interprète après la première année.

L'Exposition d'Yedo<sup>11</sup> nous montre, en ce moment, ses merveilles, l'industrie est sans doute, bien en retard dans ce pays, mais les Japonais sont de vrais artistes, et ont exhibé de bien jolis choses, tu verras tout cela à Paris.<sup>12</sup> J'ai eu l'occasion d'y contempler le Mikado et sa moitié, le couple n'est pas trop mal.

Adieu, présente mon souvenir à ta famille et mes meilleures amitiés à Madame, je suis enchanté que tu aies gardé le silence sur ta santé, cela me prouve qu'elle est bonne.

Ton ami dévoué

P. Ozier.

Il est bien fâcheux que tu aies oublié de m'indiquer le moment qui correspond à l'affaire acides, peut-être le trouverai-je dans mes papiers, mais il faut que je cesse pour cela, d'être en camp volant. Jusque là c'est difficile dans le fouillis des colis.

#### IV

Yedo, 20 octobre 1877.

Mon cher Coignet,

Je suis toujours comme sœur Anne, sans résidence fixe, et malgré toutes mes instances, je ne vois rien venir. Depuis ma dernière à ton adresse, je suis allé passer trois semaines à Ikouno, où la santé n'était pas générale; après sa couche, Madame Mouchet est restée très fatiguée et est loin d'être remise. Léon Sisley<sup>13</sup> n'était pas bien non plus, cependant, un petit séjour à Kobé et Arima l'a bien refait; je le crois entièrement rétabli à l'heure présente. Mouchet et le docteur vont très bien, mais j'ai une nouvelle pénible à t'apprendre: le docteur Massais est mort du choléra à Yokohama. L'épidémie est maintenant en décroissance, après avoir fait des victimes depuis Nagasaki jusqu'à Yedo, et surtout dans l'armée.

La guerre du sud s'est terminée le 24 septembre; Saigo y a laissée sa tête, tranchée par un de ses lieutenants pour la dérober à l'ennemi, et les troupes sont en train de revenir. Ce triomphe du gouvernement sera-t-il définitive? on dit, ici, le ministère très agité, cette mort du chef rebelle n'ayant fait que raviver les haines des Satsumistes contre le pouvoir, et tu sais que ces derniers occupent des fonctions partout. Au moment même où s'accomplissait la tragédie finale, Narabara avait

<sup>11</sup> L'Exposition nationale à avancer l'industrie eut lieu à Tokio (autrefois Yedo) d'août à novembre 1877.

<sup>12</sup> L'Exposition de Paris en 1878.

<sup>13</sup> Sisley (Léon), beau-frère de Coignet, ingénieur géologue servant à Ikouno.

été envoyé en mission secrète par le Mikado à Kagoshima, mais il a été arrêté en route, emprisonné, puis relâché pour revenir à Yedo, sans avoir pu réaliser le désir impérial, qui était un projet d'entrevue avec Saigo ou Shimadsu.<sup>14</sup>

Je tiens ces détails secrètes de M<sup>r</sup> Asakura, qui ajoutait toujours: Narabara est très ennuyé, très perplexe à bien des points de vue.

Plusieurs Japonais de Yamaga sont morts à l'armée, entre autres. M<sup>r</sup> Itô l'homme principal, et la politique aidant, l'affaire de Yamaga pourrait bien, suivant lui, être désorganisée pour quelques temps encore.

J'ai exprimé à Asakura tout mon regret, en manifestant le désir d'être envoyé à Miiké, ainsi que tu me le conseilles, si on ne peut reprendre de suite la mine de Satsuma.

Revenu ici depuis le 15 octobre, j'ai rapporté à Narabara, une lettre particulière d'Asakura, concernant cette question, mais je n'ai pas encore pu obtenir une entrevue, Narabara se dit malade. En résumé, tout ce monde me semble un peu dans le pétrin. La guerre a coûté près de 40 million de Yens, on bat monnaie maintenant, avec des presses, ce qui n'enrichit guère un Etat; le vent n'est donc plus bien aux travaux de mines, on est absorbé par la politique, et toutes les autres questions paraissent très secondaires pour le moment.

Je ne puis maintenant, qu'attendre les événements, cependant je ne voudrais pas rester plus longtemps sans régler frais de voyages et appointements. Si donc d'ici à la fin courant, aucune réponse ne s'est produite, je provoquerai la chose sérieusement. On est informé de l'avance que tu m'a faite et de la nécessité de payer 1% par mois pour cette avance, tu n'as donc pas à t'inquiéter de ce côté; je toucherai, en même temps la réclamation qui se rapporte aux acides. Jusqu'ici rien n'a pu être régularisé, les contre-temps s'étant succédé comme à plaisir.

Il est entendu que tout cela est entre nous deux, car je laisse ignorer à tout autre que toi en France, ma situation d'inactivité, ou plutôt, je garde le silence sur ce point dès à présent. Les choses s'arrangeront peut-être prochainement.

Je ne puis pas terminer sans revenir sur Ikouno, qui est une très belle œuvre ma foi; tu as eu là une grosse besogne, et tu l'as joliment remplie, soit dit sans flatterie. On ne t'a pas rendu justice en t'oubliant sur la liste des distinctions Japonaises, je me plaît à espérer qu'on répara ce lapsus inexplicable.

Les installations californiennes sont belles sans doute, mais je n'en ai vu aucune, où le traitement vaille celui d'Ikouno, tu n'as donc pas besoin d'insister auprès de moi pour la marche à suivre là où je me trouverai. Elle est toute tracée maintenant, et pour les mêmes minerais, je ne modifierais rien sans prendre ton avis.

Les tables à secousses fonctionnent bien, très bien; seulement, depuis qu'on a forcé en 5<sup>e</sup> classe, les barils s'usent très rapidement: on sera amené à les faire en fonte, cet essai est en cours d'exécution.

Nous avons bien souvent parlé de vous à Ikouno, Madame Mouchet se trouve

---

<sup>14</sup> Shimadsu (Shimazu en Japon), nom de la famille, qui gouvernait le sud de Kyûshû depuis longtemps.

bien isolée, on vous regrette sincèrement.

Tous les Français d'Ikouno ont parlé de toi avec regret, tu as laissé d'excellents souvenirs dans ce petit coin du monde. Lustenberger<sup>15</sup> compte partir fin avril et semble le désirer vivement.

Je termine, le premier de l'an sera bien près quand tu recevras la présente, je te souhaite donc la santé d'abord, la récompense que tu mérites, ensuite.

Sois mon interprète auprès de Madame, à qui je présente tous mes compliments de nouvelle année. Espérons surtout d'heureux effets du climat de France, je sais trop que cela vous rendrait l'un et l'autre, pleinement heureux.

Enfin, veuille bien transmettre mes hommages avec mes souhaits heureux à Monsieur et Madame Sisley. Bonjour amical à Monsieur Louis.

Ton ami dévoué

P. Ozier.

## V

Tokio, 1<sup>er</sup> décembre 1877.

Mon cher Coignet,

Je t'écris encore cette fois de Tokio, mais il y a réellement bien d'espérer que ma prochaine portera la date d'Yamaga, car on s'occupe sérieusement en ce moment, de m'y envoyer. Je ne serai pas fâché de mettre un terme à cette inaction trop longue, trop prosaïque n'engendrant que l'ennui, et de me retrouver enfin, un perplexe chez moi, il est pénible de ne rien pouvoir donner en échange des conditions d'un traité, et ce sentiment m'a empêché jusqu'ici, de provoquer tout règlement. Les choses se régularisant très naturellement avant mon départ, tu n'y auras rien perdu, et je t'adresserai aussitôt le montant de tes avances obligantes.

Ici, depuis la fin de la guerre, les faîtes se succèdent par un temps admirable et aussi clément que notre printemps de France. J'avais assisté à l'ouverture de l'Exposition d'Uyéno, hier j'ai vu la clôture avec exhibition de leurs Majestés, des queues de pie et tuyaux de poêle légendaires dont tu connais les coupes élégantes. Le tout s'est terminé par des feux d'artifice et des illuminations splendides où les Japonais excellent. En voyant ces réjouissances, on ne se doutera point que le Trésor s'est endetté de 40 million de piastres pour frais de guerre; maintenant qu'on est vainqueur on ne ménage absolument rien pour le prouver.

Il me tarde beaucoup de te dire, et d'avoir quelques nouvelles de ta santé, souhaitant que le climat de France te soit favorable. Ne crains pas, de m'envoyer des conseils pratiques sur l'affaire d'Yamaga, je ne demande pas mieux que de les mettre à profit. Une fois installé, il est certain que j'y aurai souvent à prendre tes avis dans les cas importants.

Comme tu peux le voir d'après la lettre ci-jointe, j'ai été assez malade pendant quelques jours, mais me voilà remis et faisant provision de santé pour longtemps j'espère. Le climat est excellent ici, et cette saison d'automne est magnifique, qu'est-

---

<sup>15</sup> Lustenberger (Joseph), ingénieur mécanicien français à Ikouno.

ce donc à Satsuma! J'attends bien impatiemment des lettres de Mirc.

Adieu mon cher ami, présente mes compliments à Madame et mon souvenir à la famille Sisley, ne m'oublie pas auprès de M<sup>r</sup> Gaucher, et crois à mes meilleurs sentiments.

Ton dévoué  
P. Ozier.

Mes bonnes amitiés à Grosjean et Gillet que tu dois voir souvent.

[en marge de fol. 2 recto] Les barils en fonte font merveille, à Ikouno et dépensent moins de force que ceux de bois, le frottement des balles de fer, étant beaucoup moindre.

Mouchet va bien et Madame Mouchet va mieux.... Bonnes nouvelles de Léon Sisley!

[au dos] J'ai vu l'interprète Itô à Kobé et je compte me l'attacher en raison de tes recommandations et des avis de M<sup>r</sup> Durry<sup>16</sup> à son sujet. Il désir venir avec moi, tout est donc pour le mieux de ce côté.

## VI

Yokohama, 12 janvier 1878.

Mon cher Coignet,

J'ai reçu ta lettre du 10 septembre, qui était vivement attendue, et je te félicite de tes pérégrinations et de ton prompt retour à la santé; il faut espérer que le climat de Lyon te sera complètement favorable et atténuerà pour toi, les effets de cette maudite goutte.

Depuis quelque temps, ma santé a été très éprouvée, je viens d'avoir le typhus, un bien horrible mal, que j'ai récolté à Yedo dans le quartier de Seijo-ken.<sup>17</sup> Je suis guéri maintenant, plutôt en convalescence à Yokohama où je m'étais enfin pour trouver des soins médicaux Européens. L'inspiration a été bonne, puisque me voilà sur pied, mais je suis affaibli à l'extrême, mes jambes ont peine à me porter, et tu peux reconnaître à la tournure tremblée ou hésitante de mon écriture, le peu de sûreté de ma main, quoique je fasse de grands efforts pour tracer passablement ces lignes. L'épreuve a été rude, cependant je me sens renaître avec le beau temps qui nous revient? il y a eu ici une série de pluies torrentielles et du froid, ce qui était défavorable pour moi à un prompt rétablissement. Encore quelques jours, et j'espère retrouver cette vieille santé qui m'a rarement fait défaut.

Après mille hésitations, et des contradictions sans nombre, les Japonais se sont enfin décidés à reprendre les travaux de Satsuma, cette nouvelle m'a été apportée au plus fort de ma maladie, et je n'attends plus que d'être tout à fait rétabli pour me dériger sur Yamaga. Ce ne sera pas trop tôt de me retrouver, enfin, avec la vie active sans laquelle on finit par s'ennuyer dans ces parages; je suis très satisfait de

<sup>16</sup> Durry (Léon) séjourna au Japon quelques années depuis 1871, enseignant la langue française.

<sup>17</sup> Seijo-ken, un des plus anciens restaurant à la mode européenne, situé, autrefois, auprès de la concession étrangère de Tsukiji, Tokio.

cette décision, il me tarde sincèrement de prouver me rendre à mon poste, huit jours avant cette solution, on m'avait annoncé officiellement que tout a été abandonné et on me proposait Innai que je refusais; tu ne peux te figurer le tirage qu'il y a eu pour accoucher de la révolution finale.

Maintenant on me prie de te demander ton appréciation sur le revenu, le produit d'or que peut donner la rivière que tu sais. J'ai répondu qu'il me paraissait difficile de formuler des chiffres réguliers en pareil cas, à mon avis, le produit pouvant changer à chaque instant; mais comme on semble tenir à connaître ton opinion, je remplis religieusement la commission qui m'a été donnée. Réponse prochaine, s'il te plaît.

Les choses que tu m'apprends de l'affaire Groz et Verdié sont bien épataantes; comme toi, je trouve que c'est trop beau, et l'aléa semble terrible. Cependant avec des arrangements sérieux, un gouvernement comme celui de Russie se deverait par pouvoir se soustraire aisément, soit à la prime, soit aux commandes promises par traités. Quoiqu'il en soit, je ne placerais pas de l'argent là; des actions Verdié, même au prix actuel de 780 fr. me semblerait une opération plus sage, parce qu'elle est sûre. Il faut avoir un peu d'argent de reste pour se risquer dans ces affaires attrayantes à doubler ou tripler le mise, et je n'en suis pas là, pour le moment. Dans ta position au contraire, je t'approuve hautement d'y prendre un intérêt, parce que tu seras en bonne situation pour pouvoir parer les coups.

Tu t'y prends trop tard pour la représentation japonaise à l'Exposition; aucune situation n'a été plus convoitée ici, et j'ai des raisons sérieuses de croire que tout est décidé à ce sujet, toutefois, je risquerai la tentative que tu m'indiques à mon premier voyage à Yedo. Il y a peu à espérer, je ne te le cache pas. Duplaquet, et Perpigna et une foule d'autres, ont brigué l'affaire; ce dernier passe même pour avoir été choisi sur les instances du Duc Decayer, mais je crois qu'en définitive, ce sera l'apanage d'un Japonais connaissant déjà Paris et la langue française. Cela est regrettable, la chose te revenait puisque tu l'as sollicité, et je trouve le gouvernement Japonais singulièrement ingrattement toi qui as tant fait pour lui.

Je croyais le chiffre relatif aux acides plus élevé que tu ne me l'annonce; le moment est très proche où je vois régler mes comptes avec Narabara, et j'ai bon espoir de te faire rembourser cette somme de trois cents francs, qui est minime. Aussitôt que le règlement sera terminé, je te ferai parvenir les 7000 f. convenus, plus ce que tu as payé pour moi à Letertre, avec les intérêts, calculés, bien entendu, à 12%.

M<sup>r</sup> Huot, l'excellent papa, t'a écrit par le précédent courrier au sujet de son désir de voir le Crédit Lyonnais installer une succursale à Yokohama, avec lui comme Directeur. Ce serait là évidemment une bonne affaire pour cette Banque, les négociations en soieries de cette contrée, ayant pour aboutissant la cité Lyonnaise en grande majorité. Il s'agit là d'un chiffre de transaction très important, une vingtaine de millions de francs, d'après Huot qui est sincère, et qui était au premières loges pour être bien renseigné. L'élément français est bien privé de la disparition du Comptoir d'Escompte. C'est un bénéf qui va droit aux Banques Anglaises,

et qui reviendrait certainement du Crédit Lyonnais s'il existait ici, où il trouvait une installation économique et toute faite dans l'ancien local du Comptoir d'Escompte. Insinue donc ce que tu pourras en vue de cette création.

Jubin a été très malade à plusieurs reprises, mais est à peu près rétabli. J'ai eu souvent la visite de l'excellent M<sup>r</sup> Michel et nous avons beaucoup parlé de toi. Tous ces Messieurs m'ont accueilli, grâce à ton bon souvenir, absolument comme un ami, or par ce temps de dégringolade et d'affaissement physique, il est excellent de rencontrer autour de soi des personnes dévouées.

Tu es sans doute, installé maintenant en ville, et satisfait de ton nouveau séjour. Voici l'exposition bien prochaine, nous ne pourrons, hélas, que goûter les descriptions de ses merveilles, et envier votre veine de jouir de ce coup d'œil féerique. Puisse la politique ne pas bouiller les cartes, nous sommes encore, peut-être, dans le gâchis. A quand la fin de toutes ces turpitudes?

Je te quitte en te souhaitant nulle et une bonne chance et en me rappant au souvenir de toute la famille Sisley; mes compliments sympathiques à Madame Coignet et à toi mon amitié très dévouée.

P. Ozier.

Ne m'oublie pas auprès de ton beau-frère Gaucher, ni des amis Gillet et Grosjean que tu dois voir bien souvent.

E. Crozet et Mirc viennent de m'écrire des lettres charmantes. Ces causeries nous retremperont quand on est au bout du monde.

J'attends incessamment du nouvelles d'Ikouno et je les crois bonnes pour tout le monde.

## VII

Yamagano Kinzan,<sup>18</sup> 31 mai 1878.

Mon cher Coignet,

Je t'écris deux mots pour te remercier de ta lettre du 4 février qui me parvient seulement cette semaine par les soins de Jubin.

Les Japonais m'ont fait traîner un mois entier, le voyage de Yedo à Yamaga, je suis installé maintenant, et très heureux de tes récents avis, que je tâcherai, tu peux y compter de mettre à projet.

Une surprise désagréable par exemple ici, c'est la nature du climat, que je trouve par trop variable. Il pleut constamment à torrents, ce qui amène du froid, puis font d'un coup soleil écrasant. Depuis ma maladie du typhus, je suis devenu hélas, d'une sensibilité incomparable, de sorte que j'ai beaucoup à souffrir de ce climat caméléon. Douleur de reins et d'articulation, telle est ma plaie, mon cauchemar.

C'est M<sup>r</sup> Niro,<sup>19</sup> et non Narabara qui est mon directeur, je crois que nous ferons très bon ménage. Seulement, on renâcle sur l'engagement du maître mineurs

---

<sup>18</sup> Kinzan signifie la mine d'or en japonais.

<sup>19</sup> Niro (Tokiyoshi) fut l'intendant du Prince Shimazu, chargé des affaires de mines.

californien, et je t'avoue que cela ne me va point, car je n'admet pas la marche possible ou rapide avec les Japonais seuls.

Tu me parles aussi de fondre les pyrites abandonnées. Cela sera bien hardi sans un fondeur,\* ce qui le prouve c'est que tu avais eu le soin d'en avoir un avec toi ici même, je ne sais encore ce à quoi je m'arrêterai. Il n'y avait point de laboratoire, la guerre ayant tout rasé et brûlé, j'ai passé en partie mon temps à en installer un, il fallait maçonner moi-même les gens d'ici ignorant tout. Ce n'était point très gai. En résumé, on ne peut produire dans un pays pareil, que si l'on est doublé de personnel Européen indispensable. Je ferai de mon mieux, mais non l'impossible, pourvu que j'aie la santé de mon côté.

\* [en marge] *audaces fortuna juvat* dit le proverbe, cependant, dans le milieu où je me trouve, on n'a guère le droit de rater ses essais et je ne m'improviserai pas fondeur en un jour; du reste ce n'est pas de mon ressort, moins encore que le maniement des briques ou de mortier. Et des fondants, il n'y a pas trace de calcaire ici. Enfin j'essaierai car je crois les pyrites trop argentifères pour le platine.

Tu dois avoir ma lettre de mars qui traite le détail de mes questions d'intérêt, le change est toujours trop peu favorable pour que j'envoie de l'argent en France puisqu'on espère ici de meilleures conditions en juillet ou septembre, et je pense que ce retard ne te contrarie pas, l'essentiel est que tu sois tranquillisé sur l'intérêt de 12% que je t'ai obtenu sur les 7000 fr. avancés à mon départ, jusqu'à fin février dernier.

Je pense que M<sup>r</sup> Sisley a reçu par le Japonais Kanématsu, mon premier interprète, qui est en France (c'est Itô<sup>20</sup> maintenant) ma réponse à sa lettre d'adieu; et j'ai énormément regretté de ne pouvoir causer avec ton beau-frère au dernier moment, car Mouchet *m'avait laissé tout ignorant* et certains détails survenus à une date postérieure, me laissent à penser que M<sup>r</sup> Sisley aurait pu être mieux soutenu qu'il ne l'a été. Je tâcherai d'avoir le cœur net sur ce point, qui mérite d'être approfondi.

Le maintien de Lerme a été obtenu, et je ne sache pas qu'on ait fait de réduction de personnel; pour ma part j'ai été très offusqué du départ si inopiné de Sisley, et je te prie de lui renouveler tous mes regrets. On lui devait plus d'égards.

Adieu, mes compliments à Madame, et mes respects à tes grands parents.

Ton ami dévoué

P. Ozier.

Et ta santé? tu n'en dis rien, donc elle est bonne. Mes amitiés à Grosjean.

Seul ici, l'existence est par trop raide, tu savais au moins le fameux Ruffier qui *perdait la main*, si je ne me trompe et s'en faisait une arme d'augmentation, etc. etc.

[en marge du premier fol. recto] Okubo, ministre de l'intérieur, vient d'être assassiné le 15 et en plein jour à Tokio par 6 jeunes Japonais du parti de la résistance. Ils lui ont tranché la tête et leur arme meurtrière portait pour inscription: Ainsi

---

<sup>20</sup> Itô (Gen-ichirô), interprète attaché à Ozier.

périssent tous les traîtres.

[en marge de fol. 2 recto] Asakura m'a reparlé du graphite, son frère doit m'en faire apporter ici et je pense qu'on décidera à t'en expédier une tonne.

## VIII

Yamaga, 14 octobre 1878.

Mon cher Coignet,

Ta dernière lettre m'est parvenue avec un retard très grand parce que Jubin est resté aux eaux assez longtemps. Je t'adresse ci-joint,<sup>21</sup> une commande de fourniture de laboratoire, remplis là aussitôt que tu pourras en avançant les fonds que je te ferai rembourser dans les termes que tu m'indiqueras. Ce que nous avons ici a été prêté par Ikouno, et doit lui être rendu; les anciens appareils ont tous été détruits pendant la guerre. Il est évident qu'en dehors de l'intérêt de l'argent, tu factureras aussi ta commission.

Tu as été, dernièrement, l'objet d'un article assez méchant dans un journal Japonais, où tu étais accusé d'avoir promis monts et merveilles à Ikouno en poussant aux grosses dépenses d'installations, puis en quittant le Japon, tu aurais dit, à *certain personne*, que la mine était absolument sans espoir. Cet entrefilet, reproduit dans toutes les feuilles Européennes du Japon, m'a vivement choqué; et j'ai été bien surpris de le voir rester sans réponse de la part de Mouchet, parce que ce racontar a coïncidé avec les critiques mal contaminées de ton ancien second, sur l'importance exagérée de l'usine. Qu'est-ce que tu penses de tout cela? Quant à moi, je ne comprendrais pas que pour excuses le défaut de bénéfices actuel, on vint se rebattre sur toi de pareille façon. Tu ne peux être rendu responsable de la pauvreté des filons. On a partout beaucoup jasé à propos de cet article. En tous cas, il doit rendre singulièrement prudents les ingénieurs de mines étrangers de ce pays.

[en marge] Je n'ai pas encore digéré le départ subit de M<sup>r</sup> Sisley, *dont on m'a fait un mystère*, et postérieurement à ce départ, j'ai été amené à établir des rapprochements qui ne témoignaient pas d'un dévouement sans limite à ta personne. Madame Mouchet a entièrement fait mon caprice, son mari me plaît beaucoup moins.

Pour ma part, après tout ce que j'ai entendu, je me garderais bien de me lancer dans les dépenses, autrement qu'à coup sûr, les Japonais d'aujourd'hui sont trop aigris contre l'Européen en général. Ici, je me suis borné à étudier assez les filons pour couvrir quelques travaux, et après de nombreux essais sur les pyrites que tu sais, je me suis bien gardé de tenter un fiasco: 200 grammes d'Ag par tonne et des *traces* d'or, cela m'a semblé insuffisant. Actuellement je m'occupe du détournement d'une rivière (que tu ne connais pas, je crois) pour l'amener à Nagano. Et j'ai le projet de remplacer la machine de Yamagano par une turbine. Les pluies

<sup>21</sup> Commande de fourniture de laboratoire a été conservée dans le paquet, mais nous en omettons ici.

ont été, toute l'année, tellement torrentielles, qu'il n'y a pas eu moyen de jauger, même avec approximations, la petite rivière de Yamaga, mais je vais pouvoir le faire ces jours-ci, l'automne semblant vouloir fermer les cataractes du ciel. Si, comme je le crois, la susdite rivière donne seulement 30 litres par seconde en ce moment des plus basses eaux, il n'y aura pas à hésiter, car on peut obtenir plus de 50 mètres de chute, soit 14 chevaux au minimum, et de 20 à 23 chevaux pendant la majeure partie de l'année. Ce serait, là, une amélioration importante, que je désire beaucoup pouvoir réaliser. Un puits ne me semble point nécessaire à Yamaga pour le moment, parce qu'avec une galerie à travers.....<sup>22</sup>, on pourra se créer un gros stock de minerai jusqu'aux niveaux inférieures des anciens travaux. Peut-être sera-ce plus opportun à Nagano, je ne suis pas encore bien édifié. Les renseignements des maîtres mineurs Japonais sont à peu près de nulle valeur; l'une des conditions nécessaires ici, était l'adjonction d'un maître mineur Européen, les grands chefs ne paraissent pas vouloir entendre de cette oreille, tant pis pour eux.

En somme, les filons sont bien minces, et peu productifs, le fameux large de Takatzka ne m'a pas encore apparu, et quant à la richesse des vieux tas, il faut bien en rabattre après les analyses.

Le climat de Satzuma ne vaut absolument rien à mon tempérament, tu es heureux de ne t'en être point aperçu lors de ton séjour.

Depuis que j'y suis, je n'ai vu que pluies continues, fraîcheurs, chaleurs extrêmes, un pot-pourri de mauvais temps et éclaircies on ne peut moins sain. Pendant 3/4 de temps j'ai été plus ou moins invalide, et dix fois, je me suis vu sur le point de.....<sup>23</sup> à ce pays; je l'aurais fait sans hésitations si ma période d'inactivité primitive eût été moins longue. L'amour-propre m'a seul retenu.

De cela il me reste un rhumatisme articulaire extrêmement pénible, en ce sens que la moindre course m'anéantit. Dans un semblable état de santé, tu peux te représenter aisément l'effet de la solitude d'Yamaga. Les Japonais demandent constamment des essais de minerai, ce qui emploie beaucoup de temps lorsqu'on est mal ou point secondé par quelqu'un comme Mansen par exemple, que tu connais bien, une vraie cinquième roue à un char.

Le pire de mes cauchemars c'est la santé, je vois venir l'hiver avec appréhension, on est si mal dans ces habitations ouvertes à tous les vents. Tu me répondras qu'il faut bien souffrir ou endurer quelque chose pour jouir des avantages de la position, et cela est vrai. Cependant avant tout, il faudrait se bien porter, et ce n'est pas mon cas, aussi je trouve mille inconvénients dans ce coin reculé du monde.

Mirc vient de m'écrire en me donnant de tes nouvelles, je suppose que tu vis en vrai gentilhomme campagnard depuis que tu es propriétaire rural, mais que tu ne t'es pas privé, des splendeurs de l'exposition.

Conte-moi ces merveilles à plus prochaine occasion, donne-moi des nouvelles des amis et de toute ta famille.

---

<sup>22</sup> Ce mot n'est pas lisible.

<sup>23</sup> Illisible, parce que ce mot est écrit sur un autre.

Et tâche surtout d'éloigner les attaques de goutte, cela doit t'être facile avec tes sources miraculeuses.

Adieu, sois mon interprète aimable auprès de Mademe, rappelle moi au souvenir bien, veillant de la famille Sisley, et crois à mes sentiments de bonne amitié.

Ton dévoué

P. Ozier.

## IX

Yamagano, 26 janvier 1879.

Mon cher Coignet,

J'ai appris, avec beaucoup de peine, la triste nouvelle que tu viens de m'annoncer, et je prends une part sincère à votre deuil de famille, rien au monde n'étant plus sensible que ces coups du sort brisant brutalement une existence qui nous est chère. Qui m'eût dit, l'an dernier, que je ne reverrais plus Léon Sisley! après quelques jours de congé, il nous revint à Ikouno plein de santé, et lorsqu'il retourna en France, il ne manqua point de m'écrire; je le croyais destiné à revenir au Japon. A son âge, un pareil projet était bien permis, et je me rends parfaitement compte de l'affliction profonde que ce vide inattendu a pu produire à mon plaisir, comme dans ta maison.

C'est décidément, une année néfaste que nous quittons, puisque tu as été atteint dans tes affections et ta santé, telle est la vie; on s'escrime pendant les trois quarts de son existence pour se créer un avenir de paix ou de plaisir, puis, lorsqu'on semble avoir atteint son but, les chagrins ou les infirmités arrivent en foule, rétablissant la moyenne des misères humaines.

Tu as dû être durement privé de ne pouvoir habiter un peu Paris pendant l'exposition; ici, je te supposais bravement au milieu de toutes ces merveilles qu'on nous a tant prônées, et, bien souvent, je me suis reporté, par la pensée, sans péchés d'invie, aux splendeurs que tant d'autres admiraient, les heures sont, quelquefois, longues à Yamaga, la rêverie prend, alors, le dessus, et c'est en France, dans une atmosphère d'amis ou de parents regrettés, que l'on respire pour un instant à pleins poumons. Plus que moi, tu as subi ce genre de vie solitaire, tu en connais les rigueurs; c'est donc vraiment à présent, que j'estime ton courage à sa valeur réelle. Toutefois, quoique les infirmités ne t'aient pas épargné plus que moi, je crois que tu as conservé, en tous temps, l'esprit tranquille; c'est là, une condition nécessaire dans l'exil. Je suis au contraire, abreuvé de soucis de tracasseries de famille, qui passent à l'état chronique, et me rendent fort malheureux. Peut-être en as-tu appris quelque chose par mon cousin? L'état peu satisfaisant de ma santé aidant, je t'avoue que ces misères me décideront à ne point solliciter un nouvel engagement; des confidences verbales pourraient seules t'initier à mes ennuis, la correspondance ne s'y prête nullement.

Mon intention primitive, mon désir plutôt, était de passer ici, trois années, cela suffisait à toutes mes aspirations de bien-être ou d'amour-propre bien placé.

La santé avant tout: dès à présent, depuis longtemps, veux-je dire, il me faut des soins particuliers et un repos auquel un service conscientieux se refuse ici. Je regrette beaucoup cet enchaînement de circonstances, dont j'aurai à souffrir plus que personne, mais je compte annoncer ma détermination aux Japonais, dans le courant du mois prochain, et si je n'avais été retenu en considération de mes huit mois d'inactivité passés à Tokio, il y a longtemps déjà, que j'aurais pris le chemin du retour.

A l'impossible, nul n'est tenu, mon cher ami; Morel vient de m'apprendre que tu eusses désiré me voir à Yamaga un ou deux ans encore; et en effet, les difficultés premières de l'initiation aux choses et aux gens du pays, étant résolues, c'est maintenant que j'aurais pu rendre un effet utile de quelque importance; seulement, et je dois insister là-dessus, avec des reins et des jambes. Il y a près de neuf mois que je souffre, il faut que cela finisse, ou du moins que je tente le possible pour me faire guérir, ou que je me condamne au repos si la chose n'est plus réalisable.

On m'a fait perdre beaucoup de temps, ici, à propos du projet de canal et tunnel, qui m'a éreinté à nouveau, et comme c'est une quasi-impossibilité ou un travail de trop longue haleine, (mais dont on était entiché) j'ai fini par en revenir à ma première idée, qui était d'élever la colonne de Nagano. Ce dernier projet est terminé, je donne 5 mètres de hauteur de charge de plus à la turbine, qui, avec une chute totale de 10 mètres, ne pouvait mener que dix pillons pendant plus de 3/4 de l'année. J'aurai donc 15 mètres, et la question sera résolue, je crois, d'une façon satisfaisante, rapidement et à peu de frais relativement. La conduite de tuyaux va être commandée à Kagoshima cette semaine. Quant aux filons, ils ont été bien rudement fouillés par les anciens, qui n'ont à peu près rien laissé à gratter; les maîtres mineurs Japonais contredisent, de fond en comble, leurs renseignements peu de temps après les avoir donnés, et conduisent pitoyablement leurs ouvriers; sont-ils menteurs par calcul, ou simplement cachottiers par nature? en tous cas j'ai eu par mal à me plaindre de ce personnel, et je ne crois pas susceptible d'être dominé sans l'appui d'un Européen du métier.

D'autre part, les approvisionnements sont constamment en souffrance, ainsi jusqu'ici, je n'ai pas obtenu de la poudre, le charbon manque maintenant à la machine de Yamaga qui est en chômage, et il s'agit uniquement de 500 à 1000 kil. par jour, les fêtes surabondent etc. etc. En somme, il me paraît établi, que dans ce pays-ci, où les habitudes prises ont force de loi, un personnel Européen à la dévotion de l'ingénieur, est tellement nécessaire qu'on n'arrivera à aucun résultat économique tant qu'on en sera privé. La teneur du minerai actuel est infime en moyenne. En résumé, je pense indiquer la position des puits avant de partir, mais comment les commencer avec des chefs de cet acabit, et sans poudre à l'appui?

Le voyage d'Yokohama, auquel tu fais allusion, a été provoqué par une menace du consul français de me condamner à payer indemnités, et voyage d'un mineur de Californie, qui est venu à Yokohama se prétendant engagé par une de mes lettres. Bien m'en a pris d'aller me défendre, sans quoi j'en avois pour y à 8000 fr., c'était

décidé (ainsi que j'en ai eu les preuves), par les agissements du sous-consul ou chancelier et de quelques autres, tels que le sieur Roulès, qui s'était de la partie. Le jugement une fois prononcé en mon absence, m'eût donné beaucoup de soucis pour le faire réformer, et on était loin de s'attendre à me voir m'amener. J'ai gagné ma cause, grâce à ma présence et à l'appui de quelques amis.

Je me reproche bien amèrement de n'avoir point mis ce voyage à profit pour te rembourser, d'autant plus que mon argent a été placé à un taux ridicule, je ne prévoyais pas que tu désirais recevoir en ce moment, et j'espérais une amélioration dans les conditions des cours du dollar au franc, en attendant quelque peu. Excuse-moi, je te prie; au reçu de ta lettre j'ai donné ordre de t'expédier onze mille francs sur le Crédit Lyonnais. Accuse-moi réception s'il te plaît. Resteront les intérêts, et je compte pouvoir te faire remettre par Morel leur montant approximatif, nous réglerons ensuite ensemble le solde définitive, qui sera peu important. Mon frère était chargé dès mon départ, de te compter des intérêts de 6% sur fr. 4000, j'ignore absolument ce qu'il a fait, car il ne me rend aucun comptes. Quoiqu'il en soit, je regrette infiniment de t'avoir mis dans le cas de formuler le désir d'un remboursement, l'idée ne m'est pas venu que tu avais fait quitter une grosse propriété; et après ces diverses explications, je pense que tu ne m'en voudras point.

Je termine en te priant tout particulièrement, de présenter mes condoléances à Madame Coignet, dont la grande affection pour son frère ne m'avait point échappé, et de lui exprimer tous mes regrets.

Meilleure santé et je reste ton ami dévoué,

P. Ozier.

## X

Tokio, 20 juin 1879.

Mon cher Coignet,

Ton amicale du 29 avril m'est particulièrement agréable, car elle m'annonce la réception de fr. 12000, et m'entretient de divers sujets que je traiterais absolument dans le même sens que toi, si nos situations respectives actuelles étaient retournées. Tu connais à fond le monde des Japonais, qui a assurément beaucoup de bons côtés, et tu mets le doigt sur la plaie quant à ce qui touche à l'administration ou aux manières déplorables de dissimulation. Toute la gent ouvrière de Satzuma est excellente, mais il n'est pas un chef, si infime soit-il, qui ne semble obéir à un mot d'ordre pour paralyser toute mesure d'amélioration. Le directeur Niro étant trop bon et toujours en route, les trop nombreux officiers qui le suppléent ont la partie belle pour exercer leur hostilité évidente contre l'élément Européen. Il me suffit pour t'en donner l'idée nette, de constater ici que la poudre est arrivée depuis un mois à peine, les chemins de fer ne sont pas encore venus, etc. Les galeries que j'ai reprises avec certitude de succès m'ont été indiquées par d'autres gens que ceux de la mine qui au contraire, cherchaient à m'égarer. Pour ce monde des officiers, il semble que nous avons le devoir d'être sorciers, et il faudrait l'être en effet, dans

un centre de mines tant fouillées, (où aucune trace de plans n'a survécu à la dernière guerre,) si l'on se contentait de leurs réponses évasives et par trop orientales à toutes les questions.

Longtemps péniblement affecté d'un tel système qui jure avec l'introduction coûteuse d'un Européen, j'ai fini par en prendre mon partie, n'agissant plus, alors, que suivant mes inspirations personnelles, mais conservant en toutes occasions mon franc parler par blâmer poliment, ouvertement ce qui mérite de l'être dans les us et coutumes de ces Messieurs.

En résumé, après avoir répondu négativement à leurs avances pour un réengagement, j'ai consenté à rester quelques mois encore, mais sans accepter aucun traité, c. à. d. en restant libre de me retirer à mon gré. Ce qui m'a décidé a été l'espoir d'intervenir dans le choix d'un successeur, tu devines certainement, que je ne pouvais rester indifférent sur ce point qui te préoccupait à juste titre, comme je le pensais bien.

Une deuxième considération m'a guidé, celle du traitement des pyrites de rebut, que mes essais primitifs avaient jugé trop sévèrement. Tout récemment j'y ai trouvé de 80 à 100 dollars d'or par tonne de pyrite bien lavée, et ma surprise a été grande en constatant ce résultat si différent de ceux que j'avais obtenus à maintes reprises. Quoique la proportion d'argent dépasse de beaucoup 10% dans l'alliage, je compte traiter pour le chlore, mais sans aucune chloruration pendant le grillage, car en agissant *uniquement à froid*, il ne put plus se produire d'empâtement de chlorure d'or par le chlorure d'argent en fusion, et je ne vois pas pourquoi la chose ne réussirait pas. Un essai en petit, sur 12 à 15 kg me fixera sûrement à ma rentrée.

Grillage complet et soigné, saturation au chlorure du produit humecté, puis dissolution à chaud dans les cuves, et enfin précipitation par le  $\text{SO}_3\text{FeO}$ , cela ne peut pas aboutir, et je crois que l'on agit aussi sur certains pyrites de Californie, sans se préoccuper des proportions d'argent. Rien n'empêchera ensuite de reprendre le résidu contenant  $\text{ClAg}$  dans des moulinets d'amalgamation si la chose en vaut la peine, ou par l'hyposulfite de soude ou de chaux.

Le prix du plomb et de la litharge étant, ici, exorbitant, cette méthode me semble préférable à la fusion, tu peux encore me faire connaître ton avis par retour du courrier, et je t'en serai reconnaissant.

Ma prolongation de séjour à Satsuma a été subordonnée à un voyage à Yokohama, Tokio, en vue de consultations nouvelles sur mon rhumatisme qui persiste plus que jamais, on n'a pas fait de difficultés là-dessus; me voilà donc bientôt en traitement, j'espère peu la guérison tant qu'il faudra subir le climat de Yamagano; tout est bien changé dans le sud depuis la guerre, ce pays a été ruiné pour longtemps, les ressources sont nulles, on est réellement mal au point de vue de la vie, du service, et si ma santé ne fait un grand pas en avant, je doute que les limites de ma patience aillent jusqu'à fin octobre. Peut-être ai-je déjà trop attendu pour que la cure soit facile, car je souffre depuis un an; rien, absolument rien n'est changé dans les effets que j'éprouve malgré tous les *Kusuri*<sup>24</sup> ingurgités. Tu conçois bien que l'envie ne

<sup>24</sup> Kusuri signifie médicament en japonais.

me manquerait pas de faire fortune, mille et une raisons pourraient me le faire désirer, parce que je sens que mon frère n'est pas heureux, et malgré ses torts envers moi, je voudrais pouvoir l'aider sans compter. Seulement je suis trop invalidé pour me donner à moi même, complète satisfaction dans mon service, et cette considération l'emportera toujours sur mon intérêt personnel, les Japonais paient assez cher pour avoir quelqu'un plus dispos de sa personne, ta goutte de malheur te laisse au moins quelques périodes de répit, moi, je n'en ai pas, les reins étant le siège le plus sensible de notre individu. Marche très pénible et suivie de véritables anéan-tissements.

Je t'écris de chez un ami sincère M<sup>r</sup> Arrivet,<sup>25</sup> ci-devant missionnaire au Japon, et aujourd'hui rentré dans la vie civile après avoir lâché courageusement la horde des hommes noirs, qui ont tout fait pour l'écraser depuis son retour dans ce pays. M. Boissonade<sup>26</sup> a patronné Arrivet ouvertement, noblement auprès des Japonais, et s'est trouvé en lutte violente avec le ministre de France lui-même qui y a succombé abîmé de ridicule. Aujourd'hui, Arrivet que tu connais je crois, et qui mérite l'estime dont il est honoré, et professeur au Go-gakko<sup>27</sup> et ailleurs avec engagement qu'on renouvellera à coup sûr, et à son gré. C'est un ami sûr, et il a été moi intermédiaire obligeant auprès des Japonais pour recevoir mes appointements. Il est aussi lié avec Sarda, ce qui t'explique l'intervention de ce dernier nom sur ma traite à ton adresse, car sachant ton peu de sympathie pour S. j'ai regretté, (quoique mes rapports avec lui soient toujours les mêmes) d'avoir pu te contrarier bien involontairement. S. habite Yokohama et A. Tokio, de sorte que quoique les instructions aient été données au second, c'est le premier qui a été chargé par Arrivet directement de les remplir. A cette occasion, je te dirai que tous renseignements pris sur les ennemis particuliers de Sarda dont tu invoques le témoignage ou l'opinion défavorable, je suis autorisé à considérer M<sup>r</sup> Jusslain, tout vice consul qu'il est et ancien magistrat qu'il fut, de ton temps, comme *indique de blâmer qui que ce soit*. Jubin et compagnie ne pouvaient être impartiaux, je t'ai déjà dit pourquoi. Enfin, je suis parfaitement à d'établir qu'on t'a menti sur toute la ligne, ainsi que je l'ai affirmé d'abord, et quand, plus tard, je reviendrai avec toi verbalement sur ce sujet, tu seras amené à reconnaître qu'il ne doit rien rester des calomnies invoquées. Il pourrait même fort bien arriver que dans un délai peu éloigné, le différend qualifié de peu délicat et survenu à Yokohama, fût résolu à l'avantage définitif de celui que tant de gens ont pris plaisir à déconsidérer. A mon avis, lorsqu'on a un peu de caractère, le premier de tous les devoirs est de défendre son droit, et comme, en pareil cas, on a souvent à lutter contre plus puissant que soi, il n'est pas trop surprenant que les

<sup>25</sup> Arrivet fut maître de la langue française à l'Ecole de la langue étrangère de Tokio de 1878 à 1882.

<sup>26</sup> Boissonade (Gustave-Emile, 1825-1910), invité au Japon, fut le conseiller de jurisprudence du gouvernement de 1873 à 1895; il laissait le *Projet de code civil pour empire de Japon*, 5 vol., 1882-1889.

<sup>27</sup> Go-gakko est l'abréviation de Gaikokugo-gakko, c'est-à-dire l'école de la langue étrangère (à Tokio).

puissants vous jettent la pierre pendant qu'ils régneront en maîtres, mais les causes justes finissent généralement par triompher.

Quoiqu'il en soit, ce potin Sarda comme celui concernant mes rapports particuliers ou mon attitude de la première heure avec les Japonais, a été un incident extrêmement pénible pour moi; tu n'as pas donné, je suppose, commission à Mouchet de surveiller mes actes ni ma vie privée, il s'est donc fourvoyé de la façon la plus grave à mon endroit. Et comme je ne suis pas d'humeur à être bêché, je te préviens que j'ai rompu toutes relations avec lui en termes expressifs; tu peux être tranquille, *ton nom ni aucun autre n'a été prononcé*, mais il sait à l'heure présente, qu'on ne m'attaque pas impunément, et ne se vantera probablement pas de la façon qu'il a reçu et beaucoup trop méritée. J'ai eu et j'aurai toujours assez de bon sens ou de sagacité pour rester digne de la situation que tu as su me ménager dans ce pays, voilà ce que je te prie de ne jamais oublier, l'avenir viendra confirmer mon dire par des faits, espérons le, O mon Dieu!

Revenons un peu maintenant, sur nos affaires particuliers, si tu veux bien, car les situations franches sont, les meilleures entre toutes: je lis dans une de tes lettres récentes la phrase qui suit: "Je suis très étonné de ne pas avoir reçu la somme que je t'avais avancée pour le compte de Satzuma, ces gens sont insensés de laisser courir des intérêts à 12% l'an...." Tu as sans doute oublié ce que je te proposais à ce sujet, il y a 15 ou 16 mois, en réclamant de ta part, une réponse qui n'est pas venue dans le délai raisonnablement admissible pour me faire supposer que tu n'acquiesçais pas. Je te disais donc que fin février 78, j'avais fait mon premier règlement avec les Japonais, qu'ils m'avaient compté 10% pour tes intérêts, et non 12%, que le règlement des acides perdus avait été renvoyé à plus tard (il n'est pas encore fait malgré des réclamations souvent réitérées, mais arrivera certainement).

Que le change ou le dollar étant très bas par rapport au franc j'attendrais son relèvement, si *cela ne te contrariait pas*, etc. te tenant compte de 6% sur les sommes touchées par mois, jusqu'au moment où les cours me permettraient d'expédier cet argent sans trop perdre. (Il s'en faut que j'aie moi-même retiré 6% de l'argent placé ici, parce que je n'ai rien voulu exposer à la légère.)

Cette question, au lieu d'être négligée et passée sous silence, avait donc été traitée dès l'origine, avec assez de limpidité, je dormais tranquille là dessus et sans appréhender une allusion quelque peu acidifiée, comme le semble celle que j'ai reproduite ci-dessus entre guillements.

La hausse du dollar est revenue enfin, il est au pair avec le franc, cela devait, disait on ici, se produire inévitablement; mais lorsque ta réclamation un peu dure m'est parvenue il s'en fallait de 0 fr, 60 par dollar, qu'il y a eût équilibre j'ai changé à 4 fr, 41, de sorte que les 12000 fr expédiés illico, ont exigé 2721 dollars, soit 321 dol = 1600 fr de perte sur le cours d'aujourd'hui. Cela ne pouvait évidemment pas m'empêcher de te donner satisfaction immédiate.

Le solde à régler maintenant entre nous, est de peu d'importance puisque Morel et mon frère t'ont remis certaines sommes (dont je ne puis vérifier, *ici*, le moment).

Si tu exiges 12 % au lieu de 6 depuis fin février 78, je te les compterai aussitôt en France, avec le solde définitif, mais ces explications détaillées étaient nécessaires aujourd'hui, pour m'exonérer d'un reproche que j'avais mis quelque soin à éviter de ta part.

Je viens de consulter ici, un médecin allemand très entendu, qui se prononce catégoriquement sur mon état, et affirme que je ne parviendrais pas à guérir si je persistais à habiter Yamagano, il n'y a donc plus à hésiter. Je vais suivre son traitement ici pendant un mois, puis retourner à Satzuma où je patientrai jusqu'à fin octobre, à moins d'une aggravation. En dehors du rhumatisme, il m'a découvert une affection de la rate, ce que personne n'avait encore su m'expliquer, et ce qui s'accorde parfaitement avec les effets du mal dont j'ai à me plaindre. Tu vois que de ce côté délicat de la santé, je n'ai pas eu toutes les chances désirables, et que je suis amené, bien malgré moi, à faire contre fortune bon cœur. Espérons que le séjour de la France me rétablira, mais franchement il ne m'est plus permis de reculer.

J'ai été appelé dernièrement à examiner les mines de Kago<sup>28</sup> qui appartiennent à présent à M. Shibia; et Narabara y ayant, je crois, aussi un intérêt, m'a fait demander un rapport, qui lui a été remis depuis quelque temps déjà en vue d'obtenir une subvention de l'Etat. Je ne suis pas optimiste en fait de mines, cependant tout en restant conscientieusement dans le vrai, et en retenant autant qu'il le fallait, ma plume pour contenir l'enthousiasme Japonais, j'ai dû me prononcer très favorablement. Des filons nouveaux intacts, vierges, ont été découverts, l'or natif y pullule, c'est tout simplement superbe et de richesse étonnante. Je dois avoir demain, à propos de cette affaire, une entrevue avec le Ministre Itô. Ou je me trompe très fort, ou il y a là une mine exceptionnellement riche, toutefois je connais trop les Japonais pour ne pas me modérer autant qu'il convient, dans l'expression complète de mon opinion, car je suis littéralement épater de ce que j'ai vu. Repose toi sur ma prudence, je laisserai une porte ouverte aux cas imprévus, parce que tout ce monde Oriental est déjà dans une jubilation qui tient de la fièvre.

Adieu, mon cher ami, je te vois avec plaisir renoncer à de nouvelles excursions lointaines, tes moyens te permettent de la faire sans regrets et de vivre tout entier pour les tiens jouis donc tranquille de l'aisance que tu as acquise après tant d'efforts et de tribulations. Mon meilleur souvenir à Madame Coignet, s'il te plaît et mes hommages à la famille Sisley. Bonne santé à tous.

Ton ami dévoué et reconnaissant

P. Ozier.

Amitié à Grosjean et Gillet, sans m'oublier auprès de ton beau-frère M. Gaucher.

[en marge de fol. 3 recto] Ton envoi laboratoire est arrivé, et seulement depuis peu en route pour la mine, Jubin l'ayant retenu chez lui jusqu'à ma recente visite, je ne sais vraiment.

[en marge de fol. 3 verso] Gillet m'a écrit au sujet de la regrettable affaire que tu sais, mais sachant ce que je lui avais confié à propos de mon frère, il aurait bien dû commencer par là pour éviter difficultés. J'avais autorisé une dépense

---

<sup>28</sup> Kago est la mine d'or dans le Satsuma.

de 40 ou 50 fr. pour tout bien nettoyer et suiffer les pièces polies, et la réparation ou mise à neuf à laquelle on s'est livré était chose entièrement inutile. J'ai répondu dans ce sens; tout en ignorant la solution intervenue, je te remercie beaucoup d'avoir accepté le rôle d'arbitre qui n'a jamais rien d'agréable.

## XI

Yamagano, 17 novembre 1879.

Mon cher Coignet,

Je suis absolument confus et chagrin de ce que tu viens de m'apprendre. Il n'y a rien d'exact dans les inculpation de M. Sarda, dont j'ai peine à m'expliquer les agissements. Tu trouveras ci-jointe<sup>29</sup> la lettre que je lui adresse par le même courrier, et qui me suivra, je l'espère de justification à tes yeux. Je te prie de transmettre cette copie à M. P. Farcot, et dans le cas où ces Messieurs ne trouveraient pas mes explications suffisantes, je prendrais seul la responsabilité de cette ridicule affaire, car dès à présent, c'est moi qui me considère l'offensé.

Permets-moi de ne pas m'étendre sur un sujet si désagréable, j'en ai la tête bouleversée; une mauvaise nouvelle n'arrive jamais seul; parce que même courrier de France, Morel m'apprend la mort de son jeune fils que nous aimons. J'attendrai donc quelques jours pour t'écrire plus au long, je suis trop attristé aujourd'hui, et je me borne à t'envoyer mes souhaits de santé et surtout de tranquillité pour l'année qui va s'ouvrir.

Ne m'oublie pas je te prie auprès de Madame, et sois persuadé que ce nuage du moment me cause la peine la plus profonde, j'en suis désolé.

Ton ami dévoué

P. Ozier.

Ta précédente lettre m'est parvenue le semaine dernière, mercie.

## XII

12 septembre 1880, le Kagoshima où après avoir quitté la mine, je suis à attendre le bateau pour Kobé-Yokohama.

Mon cher Coignet,

Ta lettre affectueuse de fin mai me parvient aujourd'hui avec un immense retard, et je me fais une joie d'y répondre. Ayant démissionné tout d'abord pour fin juillet, j'avais arrêté toute ma correspondance 3 semaines d'avance à Yokohama, puis je me suis décidé à rester jusqu'à fin août et j'ai redemandé mes lettres à l'admission des postes, et voilà pourquoi la tienne m'est arrivée si tard.

Quoiqu'il en soit, je te sais un gré infini d'avoir repris la plume le premier, j'éprouvais tant de chagrin de t'avoir mécontenté ou suscité dans le vouloir, une méchante affaire, et je trouvais tes griefs si légitimes, que j'eusse attendu pour être

---

<sup>29</sup> Il y a dans le paquet la copie de la lettre d'Ozier à Sarda, mais nous omettons d'en insérer.

à mon aise avec toi, de fouler le sol Lyonnais avant de rompre la silence. Le ton si amical de ta missive me rassure et me soulage; tu ne me gardes pas rancune, c'est tout ce que j'ambitionnais.

Maintenant, apprends que je quitte ce pays, uniquement par raison de santé. Sans cela, j'y eusse passé encore un an, d'autant plus volontiers que j'en aurais besoin au point de vue des finances. De même que toi, hélas, j'ai reçu, un éreintement épouvantable au moment où je m'y attendais le moins: 4500 m'ont été volés, en décembre 79, par le courtier Nègre chez lequel je les avais laissés à titre de dépôt inaliénable sans aucun intérêt, dans le but de les expédier en France et d'opérer la change au moment le plus convenable. Cet homme que l'on m'avait donné comme honnête, (M. Boissonade, Durry etc. lui confiaient leurs intérêts) a joué sur les Satz<sup>30</sup> et a été lessivé. Ce n'était donc qu'une affreuse canaille puisque mon dépôt même (le seul, les autres créanciers étaient des prêteurs) a été sacrifié. On retirera quelque chose avant mon départ pour France, je n'ai donc pas, l'intention d'user de mon droit pour faire coffrer Nègre, mais cette catastrophe m'a vivement émotionné.

Tes conseils sont excellents sans nul doute; il faudrait rentrer chez soi assez lesté pour pouvoir vivre tranquille, mais j'ai patienté assez longtemps, ce climat incomparablement humide m'est trop contraire; ce départ indéfiniment prorogé, je ne puis plus le différer, la perspective seule d'un nouvel hiver ici, me donne la chair de poule. Malgré tout, santé vaut encore mieux que fortune, je saurai me contenter quand même, de la médiocrité.

Mon séjour chez les Japonais a enfin, porté ses fruits tu n'auras pas, j'espère, à regretter de m'avoir patronné à Satzuma. Après mille ennuis et tribulations je suis parvenu à résoudre victorieusement la question de vie ou de mort pour l'affaire, celle du traitement industriel des pyrites. Rendement pratique de 100 à 130 grammes d'or par tonne de pyrites, et à peu près, le même poids d'argent le succès est beaucoup plus complet que je n'aurais pu l'espérer à l'origine: c'est merveilleux, car cela arrive à doubler la production d'or que l'on obtient par l'amalgamation, sans augmenter sensiblement les frais généraux. En un mot, c'est la fortune pour Yamaga, tandis que sans l'or des pyrites, on était condamné à végéter. Les Japonais l'ont bien compris, et sont dans l'ahurissement, de la joie bruyante. Le vieux prince qui est ici, vient de m'envoyer son premier officier avec chaudes félicitations. Il fait organiser en mon honneur, une fête sur l'eau à Sakurashima, et je te laisse à deviner de quelles ovations ampoulées, de quels cris sauvager (après le sake<sup>31</sup>) on assourdisant oreilles.

Tu es bien loin pourtant, de prévoir la conclusion de tout ceci, je te la donne en mille: Je n'aurai pas de successeur Européen, pour le moment au moins. . . .

---

<sup>30</sup> Satz, en allemand, signifie le prix, etc. Il était employé ici probablement dans le sens de spéculaction. Il apparaît encore une fois dans la lettre suivante, celui-là semble signifier le taux de change.

<sup>31</sup> Le saké est vin japonais.

Ces gens à courtes vues pensent maintenant pouvoir marcher seuls, parce qu'ils ont un moyen nouveau d'augmenter le rendement de leurs minerais à coup sûr. Ils oublient l'urgence des arrangements d'avenir, je veux dire le creusement des puits. Le Japonais ne brillera jamais pas la logique, j'en ai eu trop de preuves, aussi bien que toi probablement.

Il est vrai que je souçonne également une autre cause à cette décision irrationnelle; le gouvernement avait promis une avance de capitaux au prince, mais la situation financière de l'Etat s'est tellement aggravée depuis cette promesse, que personne ne croit plus les prêts immédiats possibles. Tu sais comment on passe, dans ces parages, d'un extrême à l'autre; en ce moment la mode des économies de toute espèce tient la corde, on tombera dans l'excès, comme on l'a fait pour les dépenses en d'autres temps. Il faut avouer que le crédit du Japon est très malade, le pays est mécontent et les embarras du pouvoir sont devenus inquiétants, indiscutables; la dette est exagérée et la caisse est vide! Si les choses tournaient du bon côté, il est fort probable qu'avant peu, on nous demanderait, en France, le personnel que comporte l'affaire, voilà ce que Niro m'a donné d'entendre.

Quant à moi, j'ai rempli ma mission dans toute la mesure de mes moyens, et je pars avec la conscience du devoir accompli; j'ai augmenté la force motrice suivant le besoin créé un petit ensemble de travaux de mine, des plans exacts et complets, enfin doté l'affaire d'un excellent procédé de traitement. C'est tout ce qu'on pouvait me demander avec un pareil personnel. Dès l'origine, je n'ai cessé de réclamer un maître mineur qui eût été indispensable pour commencer les puits, mais contrairement à tes prévisions, on a toujours fait la sourde oreille malgré mes protestations. Par eux même, les Japonais sont à mon avis, incapable d'exécuter convenablement ces travaux, et à ce sujet, je les ai fixés très clairement et poliment, par des rapports sur ma manière de voir. Je les quitte dans les meilleurs termes possibles et malgré leurs instances pour me retenir. Qu'était le pays à l'époque où tu habitais, je l'ignore, mais dénué de toutes les choses nécessaires à la vie, comme il l'est aujourd'hui, sans communications présentables (nous avons étudié la route, pour l'exécution de laquelle il y a encore des opposants parmi les grands officiers de Kagoshima!!), on y a trop souvent des privations à endurer, pour le regretter un instant. Je n'en reste pas moins très satisfait d'avoir subi cet exil, puisqu'il m'aura valu plus que je n'aurais pu réaliser partout ailleurs, et je te prie, de croire à ma très sincère reconnaissance. Il n'y a nullement à désespérer qu'un autre de nos camarades y soit appelé, seulement en ce moment les circonstances sont contre nous. Voilà ce que je regrette sérieusement et ce n'est point ma faute. Il manque à cette affaire un directeur plus énergique et moins cosmopolite. Niro est absent les 2/3 de l'année, c'est la pire de toutes les conditions. A part cela, c'est bien le meilleur et plus digne homme que j'aie connu dans ce pays, je crois qu'il conservera un bon souvenir de moi, et c'est parfaitement réciproque. Tout le reste du personnel employé est horriblement défectueux.

J'ai reçu, moi aussi indirectement, de tes nouvelles par Morel et autres amis,

je déplore beaucoup ton état de santé et je me demande comment, avec cette désespérante infirmité périodique, tu peux encore t'occuper de mines, faire des voyages, etc. etc., cela prouve assez que l'activité est notre plus incurable maladie. Ménage toi donc avant tout, n'en as tu pas les moyens?

Mouchet à qui j'ai écrit longuement avant son départ, ne m'a rien répondu, je ne sais pas dans quel sens interpréter son silence, mais j'en ai été surpris. C'est lui qui a été la cause première du nuage qui s'est abattu un instant sur nous deux, je lui ai donné une leçon sévère que, à mon point de vue, il avait méritée pour s'être immiscé dans mes affaires, sans bien les connaître, et avoir critique *par derrière*, ici comme en France mon attitude, qu'il avait tout d'abord, chaudement approuvée devant moi. Puis comme il s'est convenablement amendé, comme en outre, il y a à tout péché, miséricorde, j'ai consenté, sans arrière pensée, à renouer nos bonnes relations primitives. Nous aurons à recouser ensembles de cet incident fâcheux; tu reconnaîtras, c'est probable, que bon droit était de mon côté, et que je ne pourrais sans déchoir, me laisser brimer impunément par un camarade qui n'avait point sur moi, la supériorité de l'âge ni de l'expérience en affaires, et qui, cela soit dit sans rancune aucune, pèche surtout par trop d'aplomb ou trop de confiance dans ses propres lumières. Je me plais du reste, à reconnaître qu'il n'est nullement mauvais au fond et qu'en toutes autres circonstances, il s'est montré pour moi, aimable et sympathique; malheureusement chacun a ses travers; l'un des miens est à propos d'indépendance, de ne jamais transiger. Ce point noir m'a troublé d'autant plus que j'ai conservé pour Madame Mouchet, une estime particulière et une très grande sympathie.

*Affaire Gillet*—Quoique mon jugement ne puisse être définitif avant de t'avoir entendu, Gillet sachant ce que je lui avais dit de mes rapports avec mon frère, et du prix que me coûtait sa mauvaise gestion, sachant de plus que sa réparation portait sur une machine à moi, avait le devoir de s'informer de mes instructions avant de rien exécuter. S'il l'avait fait, on lui eût inévitablement répondu que je demandait un simple graissage des pièces polies, ce qui n'avait aucun rapport avec la mise à neuf d'un outil sans emploi, et n'était qu'une mesure de conservation. Nos relations d'amitié comportaient pour le moins, cette précaution élémentaire; à mon point de vue. Gillet est donc très blâmable. En tous cas, je te sais beaucoup de gré de ton intervention puisqu'il s'agissait là d'un débat absolument désagréable. D'autres surprises du même genre me sont peut-être encore réservées une fois à Lyon, car depuis près de deux ans, toutes communications entre mon frère et moi ont cessé; j'ignore jusqu'au premier mot, tous les détails de sa gestion pendant mon absence. N'ayant jamais pu obtenir satisfaction de ce côté là, j'ai fini par confier tous mes intérêts à Morel. De là, vient notre rupture, qui a été, ici mon chagrin de tous les jours. Tu t'expliqueras maintenant aisément, que j'y regarde d'un peu près avant de boucher les trous, la mesure est par trop comble.

*Affaire des acides*—Tu m'avais fixé le chiffre de 300 francs à réclamer aux Japonais, j'ai obtenu 100 yen d'or que je t'expédierai en francs, aussitôt que je les

aurai touchés à Tokio, je pense que tu seras satisfait, car ignorant la date précise où tu as versé le montant de cette facture, j'ai fait pour le mieux.

Quant à la différence de 2% d'intérêt sur ton avance je t'avoue que je ne me suis pas décidé à la réclamer aux Japonais, cela me contrariait; mais tu ne perdras rien, je t'en tiendrai compte en faisant notre règlement final dès mon arrivée à Lyon. Depuis trois ans j'ignore si mon frère t'a remis quelque chose de ma part, je lui avais envoyé de l'argent à ton intention, enfin bientôt nous liquiderons ces vieilles choses à ta satisfaction, je ne me reconnaîtrai jamais assez de tout ce que tu as fait pour moi.

Tes nouvelles intéressantes de Pierrugues m'ont fait le plus grand plaisir du moment que sa position nouvelle lui facilite une réalisation désirée et nécessaire. C'est un excellent camarade avec lequel j'ai toujours sympathisé et à coup sûr un type unique dans son genre, mais après séjour en Amérique, il y laissera certainement toute naïveté méridionale. Peut-être son affaire réussira-t-elle mieux que tu ne penses, Grüner lorsque je lui rendis visite à Paris, m'entretint du procédé Rivot, me dit que Cumings avait repris les essais et croyait à un succès. J'aurais écrit à Pierrugues pour le féliciter, seulement tu as oublié de me donner son adresse. Rappelle moi donc à son bon souvenir si tu en as l'occasion; je lui ai écrit il y a un an environ, en réponse à une lettre qu'il m'avait adressée ici, puis notre correspondance s'est arrêtée là.

Depuis que j'attends le bateau à Kagoshima, je suis très vivement sollicité par Shibiya, que tu connais, et pour lequel j'avais fait un rapport sur les mines de Kago, dont il est propriétaire. Il voudrait m'engager pour quelques mois, je passerais volontiers un mois ou deux à Kago, mais je crois ses relations avec les gens du Prince telles, que cette solution sera impossible, car je lui ai imposé la condition sine qua non, d'obtenir l'autorisation du plutôt l'approbation des Satsuma. En tous cas, j'aurai probablement à m'occuper pour son compte, à Satsuma, de lui procurer un emprunt. Les mines de Kago ont découvert des filons nouveaux superbes, et me paraissent réellement riches. Shibiya me harcèle, mais tu comprendras le sentiment qui me retient. Je manœuvrerai dans tous les cas, dans l'intérêt de l'école, surtout si je parviens à réussir l'emprunt désiré. Cela va me retenir un peu à Yokohama, j'ai besoin du reste, de repos, et il est peu probable que je m'embarque pour France avant janvier. Après 3 à 4 ans d'exil, ce ne sera pas sans plaisir, tu peux le croire, j'étais réellement trop seul, trop isolé et c'était dur, bien plus qu'à Ikouno.

Adieu, mon cher ami, l'heure du retour n'est pas loin et avec elle, la joie de te retrouver, de vous serrer la main à tous; je t'envoie mes compliments pour la famille Sisley, pour Madame Coignet, et je vous souhaite heur et santé.

Crois à ma plus sincère amitié reconnaissante.

P. Ozier.

Souvenir aux amis Grosjean, Gillet, Mirc, etc. etc., dont il me tarde tant de voir les bonnes figures.

Malgré tous les errements de mon frère, j'ai soif de voir cesser l'état présente des choses entre nous. Tu me ferais un rude plaisir en préparant les voies; car je l'affectionne énormément. Annonce lui que mon retour est prochain.

### XIII

Yokohama, 22 janvier 1881.

Mon cher Coignet,

Tu trouveras sous ce pli, une lettre première de change, de fr. Cinq Cents (500 fr.) sur le Comptoir d'Escompte de Paris, et en ta faveur.

Ce total de fr. 500 comprend:

1. Une somme de fr. 12,80 que tu voudras bien porter à mon crédit dans nos états de comptes particuliers.

2. Une somme de fr. 487,20 provenant de 96 yen or, que j'ai obtenus des Japonais tout récemment, pour liquider ton affaire des acides.

Ignorant l'époque précise de ton annonce *de 300 fr.* à cette destination, nous avons admis environ 5 ans d'intérêt à 12%.

Le change actuel de l'or (108,75) a donné dollars 105, qui à 4,64 fr. l'un, ont produit fr. 487,20.

Je pense que tu seras satisfait de ce règlement, que j'ai cru traiter ainsi, au mieux de tes intérêts.

Diverses affaires, soit personnelles, soit Japonaises, m'ont retenu à Yokohama beaucoup plus longtemps que je ne l'avais prévu, et j'en ai encore pour un grand mois avant de terminer. Ce n'est donc que vers le commencement de mars que je ferai voile pour France.

Quoiqu'il en soit, je quitte les Japonais dans les meilleurs termes possibles, et j'ai plaisir à t'annoncer que le Prince Shimadzu vient de m'offrir un splendide cadeau à titre de récompense.

Il n'est point douteux, à mon avis, que dans quelque temps, on nous demandera des ingénieurs, mais pour le moment, il y a un mot d'ordre contre tout engagement, sous prétexte d'économie. Le trésor est obéré à tel point que les Satz sont tombés de 175 à 180 rios<sup>32</sup> pour 100 dollars. C'est une panique complète, on réduit le personnel dans les ministères et partout, jusqu'à l'absurdité; et on se défait des étrangers à mesure des échéances de leurs contrats.

Un gros emprunt paraît inévitable pour parer à cette situation, qui mécontente les populations au maximum, et paralyse le commerce de ce pays. Il y a beaucoup à croire que la revision prochaine des traités internationaux résoudra toutes ces difficultés à la satisfaction générale.

En attendant, il faut bien s'incliner nous comme les autres, malgré l'amour propre que fait naître chez nous, l'esprit de corps. Je ne puis que regretter un tel concours de circonstances, car j'avais longtemps espéré pouvoir contribuer à faire

---

<sup>32</sup> Rios sont le pluriel de rio, qui est l'ancien yen.

un heureux parmi nos camarades d'école. C'est un plaisir différé, mais qui devra nous revenir un jour.

Je me réjouis sincèrement à la pensée de revoir bientôt tous les amis, toi en particulier; les sujets d'entretien ne nous feront pas défaut maintenant, car non moins que toi, j'aime le Japon et les Japonais, je quitte l'un et les autres avec regret. Mouchet me confiait, il y a peu, son désir de revenir ici. *Mudzukashi koto*<sup>ss</sup> hélas! on a couru comme des dératés dans ces parages; aujourd'hui il faut reprendre haleine, nous subissons le temps d'arrêt. Estimons nous heureux d'être arrivés à l'heure.

Et ta santé ? c'est une grosse question que celle-là, il me tarde de pouvoir la juger de mes propres yeux, de même que pour tous ceux qui te sont chers.

Le séjour de Yokohama m'a fait beaucoup de bien dans cette admirable saison d'automne Japonaise. Malgré cela, le rhumatisme que tu sais, n'a nullement disparu, c'est le moins aimable de mes souvenirs du Japon, surtout le plus inséparable. Peut-être ce bon climat de France en aura-t-il raison.

Dans cet espoir, et en t'envoyant mes souhaits heureux, veuille bien faire agréer à Madame Coignet et à la famille Sisley mes meilleurs compliments.

A bientôt, et crois à mon amitié reconnaissante.

Ton dévoué

P. Ozier.

Souvenir aux amis communs, s'il te plaît.

## XIV

Tokio, 9 septembre 1881.

Mon cher Coignet,

Je ne veux pas perdre une seconde pour répondre à ton amicale du 25 juillet, qui me parvient ce matin même, et m'apporte la plus agréable surprise, celle d'une amélioration dans ta santé. Je me plais à espérer que tu auras enfin, mis la main sur un moyen sérieux de soulagement: use donc et abuse de Wiesbaden, j'imagine aisément par mes fréquentes invalidités personnelles, tout ce que tu as eu à endurer au physique et au moral en te voyant si souvent condamné à cette chose désespérante, l'immobilité. Je vais mieux que par le passé, moi aussi, cependant j'ai conservé une douleur permanente à la charnière, qui me maintenant dans un état de faiblesse fort gênant. On me donne à croire que le climat de France pourra me guérir, il me tarde plus que tu ne penses, d'aller y voir, mais diverses circonstances me retiendront ici très probablement jusqu'en décembre ou même janvier, je ne sais encore au juste.

J'habite Tokio, où j'ai quelques amis, et j'y ai préparé quelques affaires dans le but de réaliser un moyen de bénéf, une fois de retour au pays, si faire se peut; il faut bien songer à combler les vides que tu sais. Mon séjour hors de Satzuma a produit faiblement, et je n'oublie point que, comme tu me l'as observé, les con-

---

<sup>ss</sup> Mudzukashi koto signifie en japonais chose difficile.

ditions de l'existence sont devenues plus coûteuses en France qu'autrefois. On me propose en ce moment, un voyage dans le pays de Shima-no<sup>34</sup> pour examiner diverses mines, j'y partirai peut-être dans huit jours, et pour un mois environ; il s'agit de gisements de cuivre et de plomb, tout nouvellement découverts.

La crise financière est loin d'être résolue ici; ses effets sont ce qu'ils doivent être avec le peuple que tu connais, c'est-à-dire désastreux pour les Européens. Les Anglais ne sont pas plus épargnés que les autres, on vient d'en remercier dix-sept d'un coup dans les collèges.

L'influence Américaine me semble plus à redouter que toute autre pour l'avenir, car les Allemands malgré leur bon marché, ne sont guère goûtés des Japonais. D'autre part, il s'est formé récemment à Tokio, une société de Langue Française (dont, naturellement, je fais partie) bien patronnée, très goûtée des grands Japonais, et qui contribuera puissamment, pour l'espérance, à nous conserver quelque prestige. Je crois que si les finances venaient à prospérer à nouveau, l'élément Français pour lequel on a ici des sympathies réelles, retrouverait quelque faveur. Cela se dessinera mieux après la révision des traités, dont la conséquence probable sera un emprunt et un regain d'activité. Malheureusement, nos ministres de France au Japon, semblent peu préoccupés de tenir le haut du pavé dans ce pays, comme influence, et sont antirépublicains, c'est la soutane qui trône à la Légation. Voilà où est le point noir, pendant qu'on devrait mettre à profit des circonstances exceptionnellement favorables, pour se rendre par des subventions sans danger, indispensable aux Japonais. En résumé, nous sommes bien pauvrement représentés, si'il en est de même dans les autres pays lointains, ce n'était pas la peine de changer de gouvernement.

Je suis ahuri et désolé de ce qui survient à Mirc, notre excellent ami; là encore, il doit y avoir une question de robe; toutes les turpides étant possibles à ces jésuites de malheur. J'avais d'ici, dès le début, et redoutant une pareille éventualité, poussé Mirc à la plus extrême défiance, peut-être a-t-il un peu trop négligé, la chose, mais nous sommes, nous, trop carrément sincères en actes et paroles, pour vivre longtemps d'accord, avec des administrations cléricales. Je déplore de tout cœur, ce très fâcheux événement ne manque pas de lui en exprimer tout mon regret, parce que les situations comme celle qu'il perd sont trop rares, trop clairsemées. Mirc doit être affecté au plus haut point, ces mines de Firminy<sup>35</sup> étaient vraiment son domaine, et il a droit de rêver une revanche.

La meilleure de toutes serait la découverte d'un poste brillant, à la hauteur des circonstances. Echinez vous donc comme un nègre à servir 20 ans, une compagnie, pour devenir tout d'un coup sa victime; malgré moi, ce genre de surprises me porte toujours sur les nerfs, et m'irrite au summum. Combien je regrette, à cette occasion, les complications Japonaises actuelles j'aurais été parfaitement heureux de con-

<sup>34</sup> Probablement Shima-no-kuni, c'est-à-dire le province de Shima, maintenant une partie de la préfecture de Miye.

<sup>35</sup> Firminy, près de Saint Etienne; il y a mine de houille.

tribuer à une compensation dans ces parages, et je me souviens qu'elle n'aurait pas déplu. Il faut hélas, renégocier ce rêve là, pour le moment.

Mouchet vient de m'envoyer de ses nouvelles; il paraîtrait que son affaire ne roule pas sur le velours; aussi, regrette-t-il considérablement le Nippon, sa large hospitalité industrielle et ses coutumes originales. N'est-ce pas là, notre sort à tour, une fois hors de ce beau pays? Enfin il ne semble pas trop mécontent, ce qui est bien quelque chose.

L'unique souvenir mauvais est celui de la colonie Européenne, Française surtout, telle restera mon impression personnelle, et je regretterai longtemps peut-être, de n'avoir pas suivi toujours à la lettre tes sages conseils sur la fréquentation de ce monde là.

L'Ingénieur Français de Sapporo ne m'est pas connu, impossible donc, de rien t'en dire par ce courrier, mais je serai prochainement renseigné de façon à te répondre catégoriquement.

Tu es bien aimable de me toucher un mot sur la difficulté Gillet, mon cousin Morel garde beaucoup trop mes affaires pour lui, à tel point que j'ignore tous les détails, quelle qu'ait été la décision intervenue, tu comprends bien que je la prendrai pour juste, et qu'elle ne peut altérer en rien mes bons rapports avec ce vieux camarade et ami, je le lui ai dit déjà, il y a longtemps. Je ne sais absolument rien de mon frère depuis plus de deux ans 1/2, voilà où est le chagrin de ma vie; cette rupture à laquelle il m'a contraint, a exercé sur moi, l'influence la plus néfaste, tous mes autres soucis, disparaissent à côté de cette affliction imméritée.

Je te crois plus heureux du côté de la famille, et je te le souhaite surtout de grand cœur. Veuillez donc me rappeler au bon souvenir de tes grands parents, de ton beau-frère Louis, et réserves à Madame Coignet, mes compliments les plus sympathiques.

Cette année sera bien la dernière que je passerai loin des amis. A bientôt le plaisir de vous retrouver, nous aurons trop à nous dire pour qu'il n'y ait pas un peu de réciprocité.

Ton ami dévoué

P. Ozier.

Souvenir aux amis communs, à Grand'Eury, en particulier, que je félicite, à Mirc, Grosjean etc. . . .



## D'Alembert et Condorcet

### —Quelques aspects de l'histoire du calcul des probabilités—

Eizo YAMAZAKI\*

#### 1<sup>o</sup> Partie—Sur les doutes et les erreurs de Jean d'Alembert concernant le calcul des probabilités

##### §1.1 *Introduction*

Pendant trente ans, depuis la publication de l'*Encyclopédie* jusqu'aux dernières années de sa vie, Jean d'Alembert douta constamment du calcul ordinaire des probabilités que Montucla défendit ainsi: "Il semble, dit-il, que malgré ce que les raisonnements de d'Alembert ont de spécieux, ils n'ont pas ébranlé, dans l'esprit des mathématiciens en général, la théorie généralement admise des probabilités" (p. 406).<sup>34</sup> De son côté, Todhunter énumère toutes les erreurs de d'Alembert et le juge sévèrement: "Ce grand mathématicien est connu dans l'histoire de la Théorie des Probabilités pour son opposition aux opinions généralement admises. Sa haute réputation dans les sciences, la philosophie et la littérature lui assurait pour ses paradoxes et ses erreurs certaines attentions qu'on n'aurait pas faites, s'ils avaient procédé d'un écrivain moins distingué" (p. 258).<sup>35</sup> Bertrand suit le jugement de Todhunter: "Les grands géomètres ont écrit sur le calcul des probabilités; presque tous ont commis des erreurs: La cause en est, le plus souvent, au désir d'appliquer des principes à des problèmes qui par leur nature échappent à la science. D'Alembert commet la faute opposée: Il nie les principes. Imposer aux hasards des lois mathématiques est pour lui un contresens; il rejette le problème et détourne les yeux" (pp. 52-53)<sup>36</sup>. Dès lors il semble que les doutes de d'Alembert n'aient plus été l'objet d'études de la part des historiens des sciences. Il est sûr que d'Alembert a commis beaucoup d'erreurs; dans le domaine des mathématiques et de la physique, il est difficile d'être l'avocat de ceux qui commettent des erreurs. Mais, alors que Todhunter se borne à énumérer séparément les erreurs de d'Alembert, nous estimons qu'il faut les combiner entre elles pour reconstruire les pensées fausses, mais subtiles de celui-ci, et que c'est là le seul moyen de le défendre.

On peut diviser les écrits de d'Alembert concernant le calcul des probabilités en trois groupes:

- (a) les articles de l'*Encyclopédie*;
- (b) les mémoires dans ses *Opuscules Mathématiques* et dans ses *Mélanges d'Histoire, de Philosophie et de Littérature*;
- (c) un article dans le *Supplément de l'Encyclopédie* et le dernier mémoire

---

\* Faculté de technologie de l'Université de Meiji, Tokyo.

concernant le calcul des probabilités dans ses “*Opusc. Math.*”

### §1.2 *Sur les articles de l'Encyclopédie*

Au début de la publication de l'*Encyclopédie*, d'Alembert semble se charger d'écrire tous les articles concernant le calcul des probabilités. Il commence par écrire l'article “Absent”.<sup>1</sup> Il s'agit de la discussion sur le temps où un absent doit être réputé pour mort, ce qui était l'un des sujets traité par N. Bernoulli dans sa thèse *De Usu Artis Conjectandi in Jure*. D'Alembert suggère la nouvelle méthode de Buffon qui donne une ingénieuse solution tant à ce problème qu'à d'autres, tel que celui de Pétersbourg qui deviendra plus tard la principale source de ses doutes sur le calcul des probabilités. Il n'explique pas cette méthode en détail, mais il annonce qu'il l'exposera dans l'article “Probabilité”.<sup>14</sup> Dans l'article “Combinaison”,<sup>5</sup> il conseille aux lecteurs de lire l'*Ars conjectandi* de J. Bernoulli et l'*Analyse des Jeux de Hasard* de Monmort, en écrivant que la théorie des combinaisons est très utile pour le calcul des jeux de hasard et que c'est sur elle que repose toute la science des probabilités. Puis il renvoie les lecteurs aux articles, “Jeu,<sup>10</sup> Probabilité, etc.”

C'est à l'article “Croix ou Pile”<sup>6</sup> que pour la première fois il expose avec certitude ses doutes sur le calcul des probabilités. Il demande d'abord combien il y a à parier qu'on amènera croix en jouant deux coups consécutifs. Suivant les principes ordinaires, il y a quatre combinaisons:

Premier coup: Croix Croix Pile Pile

Second coup: Croix Pile Croix Pile

parmi lesquelles une seule fait perdre, et trois font gagner; il y a donc 3 contre 1 à parier en faveur du joueur qui jette la pièce. Cependant, selon d'Alembert, il n'y a que trois combinaisons possibles:

Premier coup: Croix Pile Pile

Second coup: — Croix Pile

car, dès qu'une fois croix est venu, le jeu est fini, et le second coup est compté pour rien. (Désormais nous écrirons simplement C pour Croix et P pour Pile.) Il n'y a donc, selon d'Alembert, que 2 contre 1 à parier. Par le même raisonnement il prétend qu'en jouant trois coups, il n'y a que 3 contre 1 à parier.

C'est la difficulté du problème de Pétersbourg que d'Alembert expose ensuite dans l'article “Croix ou Pile”: “Pierre joue contre Paul, écrit-il, à cette condition que si Pierre amène croix au premier coup, il payera un écu à Paul; s'il n'amène croix qu'au second coup, deux écus, si au troisième coup, quatre, et ainsi de suite. On trouve par les règles ordinaires que l'espérance de Paul, et par conséquent ce qu'il doit mettre au jeu est  $(1 + 2 + 4 \text{ Etc})/(1 + 1 + 1 \text{ Etc})$ , quantité qui se trouve infinie.”<sup>6</sup> Dans l'article “Avantage”,<sup>2</sup> d'Alembert prend correctement l'espérance pour la somme des gains multipliés par leurs probabilités. Donc il doit calculer l'espérance du problème de Pétersbourg comme:

$$\begin{aligned} & 1 \times 1/2 + 2 \times 1/4 + 4 \times 1/8 + \dots \\ = & 1/2 + 1/2 + 1/2 + \dots \quad (\text{tend à l'infinie}) \end{aligned}$$

Pourquoi d'Alembert a-t-il faussement calculé l'espérance du problème de Pétersbourg? Peut-être ne veut-il pas considérer l'espérance comme un terme mathématique et emploie-t-il ce mot dans un sens vague. En effet l'article "Espérance"<sup>8</sup> n'en présente que les aspects mythologiques, géographiques et morales, ce qui montre que d'Alembert n'a écrit aucune ligne pour cet article. Dans ses mémoires des *Opusc. Math.* il commencera bientôt à réfuter sévèrement la notion de l'espérance pascalienne, mais alors il semble qu'il veuille autant que possible éviter de l'employer. Tout en signalant la difficulté du problème de Pétersbourg dans l'article "Croix ou Pile", il n'entre pas dans les détails, qu'il réserve pour l'article "Probabilité".

Dans l'article "Gageure"<sup>9</sup>, d'Alembert réfute l'objection de M. Necker concernant la probabilité d'amener croix en deux coups. Necker consentait à ce qu'il n'y ait que trois combinaisons possibles: C, P-C, P-P. Mais il croit que la probabilité d'amener croix au premier coup est double de celle d'amener P-C ou P-P. Donc selon Necker la probabilité que le joueur gagne est de 3/4, ce qui est égal à la valeur obtenue par le calcul ordinaire. Necker propose un autre problème pour réfuter d'Alembert: "Il suivrait de votre façon, dit-il, de compter les probabilités qu'on ne pourrait en aucun nombre de coups gager avec parité d'amener la face A d'un dez à trois faces A, B, C; car vous la trouverez toujours de  $2^n - 1$  contre  $2^n$ ,  $n$  étant le nombre de coups dans lequel on entreprend d'amener la face A." D'Alembert répond que les objections de Necker, surtout la dernière, méritent sans doute beaucoup d'attention. Mais il déclare qu'il lui paraît toujours difficile de bien expliquer pourquoi et comment l'avantage peut être triple, lorsqu'il n'y a que deux coups favorables. Cependant il n'entre pas non plus dans les détails, et écrit qu'il examinera plus à fond ce problème aux articles, "Jeu,<sup>10</sup> Pari,<sup>11</sup> Probabilité<sup>12</sup>".

Les adversaires de d'Alembert contredisaient souvent sa manière d'énumérer les combinaisons possibles. A ce point de vue Necker était particulièrement conciliant en consentant à ce qu'il n'y ait que trois combinaisons possibles, en donnant avoir raison à d'Alembert. Supposons qu'on répète un grand nombre de fois ce jeu, en jetant la pièce à plusieurs reprises. Les coups formeront une longue série de pile et de croix:

PCCPCPPPCPCC.....

Il s'agit alors de déterminer la façon de diviser cette série. La théorie ordinaire conseillera de diviser la série en deux termes; mais ce serait absurde, parce que, si l'on amène croix au premier coup, un nouveau jeu commencera nécessairement par le coup suivant. Donc la méthode de d'Alembert sera plus naturelle que celle de la théorie ordinaire.

Supposons la série suivante:

..... PPCCPPCCPPCCPPCC.....

Si l'on la divise en deux termes suivant la théorie ordinaire, il y aura deux sortes de divisions:

.....|PP|CC|PP|CC|PP|CC|PP|CC|.....  
.....P|PC|CP|PC|CP|PC|CP|PC|C .....

Dans le cas de la première division, les deux joueurs gagnent alternativement, et la probabilité est égale à 1/2. Dans le cas de la seconde l'un gagne toujours, et la probabilité est égale à 1. Et, suivant d'Alembert, la probabilité sera de 2/3:

$$\dots \text{PP|C|C|PP|C|C|PP|C|C|PP|C|C} \dots$$

Suivant la méthode de d'Alembert on ne pourrait distinguer aisément les premiers coups d'avec les seconds, et l'on devrait examiner chaque terme et juger si un jeu sera fini par ce terme. Il y aurait plus de chance que le jeu soit fini par croix; donc, il y aurait plus de chance que le jeu commence par pile, car d'Alembert nie l'indépendance des coups successifs. Ainsi il est possible que la probabilité d'amener croix en deux coups soit différente de 3/4. Cependant d'Alembert tombe dans une grave erreur, quand il dit que les probabilités de C, P-C et P-P sont à peu près égales.

Prenons une longue série de croix et de pile; le nombre de croix doit être à peu près égal au nombre de pile, tant que la probabilité d'amener croix est égale à celle d'amener pile. Quand on suppose que C,P-C, P-P soient également possibles, le nombre de pile est au nombre de croix en raison de 3:2. Donc, tout au moins il faut que la probabilité d'amener croix au premier coup soit double de celle d'amener P-P. Si l'on suppose suivant le raisonnement de d'Alembert que la probabilité d'amener P-C soit plus grande que celle d'amener P-P, la probabilité d'amener croix en deux coups sera plus grande que 3/4, ce qui est contraire à l'attente de d'Alembert qui croit que la valeur approche de 2/3.

Dans les sept premiers volumes de l'*Encyclopédie*, d'Alembert a déjà proposé ces deux problèmes qui sont à l'origine de tous ses doutes concernant le calcul des probabilités. C'est pour les coups deux fois, trois fois ou maintes fois répétés qu'il doutait d'appliquer le calcul ordinaire des probabilités. En effet il ne croyait pas à l'indépendance des coups consécutifs, mais il n'a pas encore exposé en détail cette idée. La plupart des explications de détail ont été réservées aux deux articles "Probabilité"<sup>14</sup> et "Jeu"<sup>10</sup> qui devaient être les articles les plus importants de l'*Encyclopédie* concernant le calcul des probabilités. Après l'édition de son 7<sup>e</sup> tome en 1757, on fut obligé d'interrompre la publication de l'*Encyclopédie*, à l'exception de quelques volumes de planches. Heureusement après une interruption de huit ans, l'imprimerie put répandre, et tous les volumes inédits parurent la même année en 1765. D'Alembert écrivit les articles tels que "Loterie,<sup>12</sup> Pari,<sup>13</sup> etc", mais les deux importants articles "Jeu"<sup>10</sup> et "Probabilité"<sup>14</sup> ne fut pas signé par lui.

Si ces deux articles avaient été écrits par d'Alembert, ils auraient contenu toutes ses opinions sur le problème de Pétersbourg et sur le jeu de "Croix ou Pile". En outre on aurait trouvé dans l'article "Jeu", l'examen des conditions pour que les joueurs consentent à jouer. En effet, en comptant le pari de certains exemples de jeux, d'Alembert a écrit à la fin de l'article "Pari": "Au reste, ces règles doivent être modifiées dans certains cas, où la probabilité de gagner est fort petite et celle de perdre fort grande. Voyez Jeu."<sup>18</sup> En citant ce dernier paragraphe, Todhunter émet des doutes: "Il n'y a rien dans l'article "Jeu" auquel on peut appliquer cette

remarque, ce qui est le plus curieux, parce que "Jeu" précède "Pari" dans l'ordre alphabétique" (p. 260).<sup>25</sup> On peut dire la même chose pour l'article "Loterie" dans lequel d'Alembert conseille de voir l'article "Probabilité", car tous les volumes qui ont suivi le 7<sup>e</sup> tome ayant paru dans la même année, l'ordre alphabétique n'avait plus d'importance.

De plus, on peut dire que quelqu'un dirigea l'article "Jeu", article qui comporte 12 pages, mais où l'on ne trouve rien sur le calcul des probabilités. On lit vers la fin cette ligne très simple: "Jeu de Hasard. Voyez Jouer."<sup>10</sup> L'article "Jouer"<sup>11</sup> également anonyme, est rempli de calculs pratiques concernant les jeux avec la définition ordinaire de l'espérance. Il est probable que c'est une substitution de l'article "Jeu" que d'Alembert annonçait dès le premier tome. On pourrait supposer qu'il ait écrit les articles "Jeu" et "Probabilité", mais que quelqu'un ait refusé de les publier dans l'*Encyclopédie*. On ne peut pas dire que ses pensées n'étaient pas encore mûries en 1765, parce qu'il commençait déjà à réfuter le calcul ordinaire des probabilités dès 1761, dans les "*Opusc. Math.*"<sup>12</sup> On ne peut dire non plus qu'ayant écrit dès 1761 les mémoires sur le calcul des probabilités, il manque d'intérêt de les répéter dans l'*Encyclopédie*; car il écrira plus tard dans le *Supplément* un article intitulé "Problème sur les cartes"<sup>24</sup>.

D'Alembert commence son 52<sup>e</sup> mémoire sur le calcul des probabilités par les phrases suivantes: "Je demande pardon aux Géomètres de revenir encore sur ce sujet. Mais j'avoue que plus j'y ai pensé, plus je me suis confirmé dans mes doutes sur les principes de la théorie ordinaire; je désire qu'on éclaircisse ces doutes . . ." (p. 39).<sup>25</sup> C'était la première fois qu'il écrivait un long mémoire sur le calcul des probabilités en n'abordant pas à son application à l'inoculation. Pourquoi a-t-il humblement demandé pardon aux lecteurs? Peut-être savait-il lui-même qu'il n'avait que peu de choses à écrire sur ce sujet. En voyant qu'il a écrit les 23<sup>e</sup> et 27<sup>e</sup> mémoires sous la forme d'extraits de lettres, nous pourrions imaginer qu'il se sentait un peu gêné dès 1767 de répéter ses doutes. Il semble que ce soit l'article "Problème sur les cartes" qui l'a poussé à écrire le 52<sup>e</sup> mémoire. Nous verrons plus tard l'importance de cet article pour d'Alembert. Alors, pourquoi d'Alembert ne l'a-t-il pas écrit directement dans ses "*Opusc. Math.*"? Cela prouverait son désir d'exprimer ses doutes dans l'*Encyclopédie*.

Nous pensons en effet que d'Alembert écrivit les manuscrits de "Jeu" et de "Probabilité", mais il fut empêché de les publier, tandis que ses autres articles tels que "Loterie" et "Pari" furent imprimés. Il y aurait eu parmi les rédacteurs de l'*Encyclopédie* des discussions longues et gênantes pour supprimer les manuscrits de d'Alembert; et après de telles discussions il est naturel que personne n'a pu ni ajouter ni retrancher un mot à ses manuscrits de "Loterie" et de "Pari". D'autre part, ayant accepté lui-même qu'on retire ses deux manuscrits, d'Alembert n'a pas voulu toucher aux autres. C'est ainsi que la citation de "Jeu" ou de "Probabilité" aurait été laissée intacte dans les articles "Loterie" et "Pari". Sans doute, d'Alembert gardait-il un souvenir désagréable de cette affaire, et désirait-il publier dans

l'*Encyclopédie* quelque nouvel exemple qui justifie ses doutes.

### §1.3 *Les polémiques entre D. Bernoulli et d'Alembert, concernant l'application du calcul des probabilités à l'inoculation*

Au commencement de 1760, D. Bernoulli avait envoyé à l'Académie Royale des Sciences de Paris un mémoire intitulé “*Essay d'une nouvelle analyse de la mortalité causée par la petite vérole et des avantages de l'inoculation*”<sup>15</sup> que d'Alembert critiqua très sévèrement. D. Bernoulli s'est plaint de la critique de d'Alembert et écrivit une brève réponse qui fut ajoutée au début de son “*Essay*” sous forme d'Introduction Apologétique. D'Alembert publia sa critique augmentée dans le tome 2 des *Opusc. Math.*<sup>17</sup> Par la suite il publia plusieurs autres critiques du mémoire de Bernoulli, soit dans ses *Mélanges (Tome 5)*, soit dans ses *Opusc. Math. (Tome 4 ou 5)*.

D'abord D. Bernoulli représente mathématiquement le ravage de la petite vérole. Il évalue le nombre  $s$  de ceux qui n'ont jamais eu la petite vérole jusqu'à l'âge de  $x$  par la formule

$$s = \frac{m}{(m-1)e^{x/n} + 1} \xi$$

$\xi$ : les vivants de cet âge  $x$

$m$ : sur  $m$  personnes qui sont attaqués par elle, la petite vérole en enlève une

$n$ : sur  $n$  personnes qui ne l'ont pas encore eue, la petite vérole en attaque une

Il suppose que  $m$  et  $n$  sont constants pour tous les âges et égaux à 8. Malgré l'opinion de certains médecins, il admet que tous les nouveaux-nés n'ont pas encore la petite vérole lors de leur naissance. A partir de quelques tables de décès, on peut obtenir  $\xi$ .

Bernoulli, adoptant les listes de Halley, calcule:

- (1) le nombre des morts de la petite vérole pour chaque âge pendant une année;
- (2) le nombre des morts par d'autres maladies pour chaque âge pendant une année.

Il trouve ainsi le gain absolu et le gain relatif. Celui-là est l'augmentation des vivants, lorsqu'on ne meurt jamais de la petite vérole; celui-ci est le gain absolu divisé par la somme des vivants. Il évalue le ravage de la petite vérole par le gain absolu ou relatif, et démontre aux médecins l'importance de perfectionner la méthode de l'inoculation. Si D. Bernoulli se bornait à présenter mathématiquement le ravage de la petite vérole, d'Alembert aurait peu à redire au calcul de Bernoulli, bien qu'il ne lui paraisse pas correct; mais Bernoulli avance un peu plus loin.

Il envisage un risque de l'inoculation. En supposant que l'inoculation enlève une victime sur 200, il compare la vie moyenne des hommes inoculés lors de leur naissance avec la vie moyenne des hommes qui attendent l'attaque de la petite vérole naturelle dans leur vie. Celle-ci compte 27 ans et 7 mois, tandis que celle-là, 29 ans et 7 mois. L'augmentation de la vie moyenne par l'inoculation est de 2 ans. Pour que l'inoculation n'abaisse pas la vie moyenne, elle peut enlever une victime

sur 9.43 personnes, et même dans ce cas elle reste avantageuse. Voici le raisonnement de Bernoulli: "Quand on a moins de 16 ans, on n'est pas utile pour la société; donc on appelle l'âge de 16 ans la naissance civile; et, si l'inoculation enlevait une victime sur 9.43, le nombre des vivants avant la naissance civile serait diminué, mais il s'augmenterait de plus en plus après la naissance civile."<sup>15</sup>

D'Alembert veut réfuter le mémoire de Bernoulli particulièrement du point de vue moral. Sans doute Bernoulli a-t-il présenté un mémoire mathématique. Donc d'Alembert a dû répondre en mathématicien particulièrement dans ses mémoires des *Opusc. Math.* Par contre dans son mémoire des *Mélanges*,<sup>16</sup> il était libre: il a agi en moraliste. Cependant la difficulté de sa situation morale est évidente. Car en réfutant moralement la méthode employée par Bernoulli pour calculer les avantages de l'inoculation, il a dû défendre en même temps l'inoculation contre les anti-inoculistes.

Dans son mémoire des "*Mélanges*", il commence par remarquer la difficulté de calculer les avantages de l'inoculation et l'insuffisance du calcul de Bernoulli. Ce dernier pensait que l'augmentation de la vie moyenne prouve l'avantage de l'inoculation, malgré l'existence de quelque petit risque. Mais d'Alembert n'y consent pas: Quelque petit que soit le risque de l'inoculation, elle enlève sa victime en un mois. Ce risque est présent, tandis que l'augmentation de la vie moyenne n'arrivera que dans l'avenir. Et, c'est la qualité des hommes de jouir du présent et de s'inquiéter peu de l'avenir. Donc on ne peut comparer un risque présent avec une espérance dans l'avenir. D'Alembert demande: "Si on admet les suppositions de Bernoulli, celui qui se fait inoculer est à peu près dans le cas d'un joueur qui risque 1 contre 200, de perdre tout son bien dans la journée, pour l'espérance d'ajouter à ce bien une somme inconnue, et même assez petite au bout d'un nombre d'années fort éloignées, et lorsqu'il sera beaucoup moins sensible à la jouissance de cette augmentation de fortune. Or comment comparer ce risque présent à cet avantage inconnu et éloigné?" (p. 477)<sup>17</sup>

D'Alembert exagère le problème, mais l'analogie entre l'avantage de l'inoculation et l'espérance du jeu est frappante. Ce n'est pas seulement l'égalité de l'espérance qui décide les joueurs à jouer, mais le consentement moral de chaque joueur. On pourrait dire même que, si l'espérance et la probabilité de gagner sont égales pour les deux, il est possible qu'ils ne consentent pas à jouer, parce qu'ils n'aiment pas et n'ont pas l'habitude de jouer.

En examinant les divers documents, d'Alembert trouve la possibilité de diminuer le risque de l'inoculation jusqu'à ce que le nombre de victimes de l'inoculation soit égal à celui des morts de la petite vérole naturelle en trois mois. Cette fois-ci l'avantage de l'inoculation est assuré, parce que risquer de mourir au bout d'un mois ou dans l'espace de trois, est à peu près la même chose pour le commun des hommes. "Cependant, dit-il, si j'ose dire ici, ce que je pense, je ne suis point surpris que d'autres citoyens se refusent à ce même avantage, quelque considérable qu'il puisse paraître. Dès qu'on accordera qu'on peut mourir de l'inoculation,

je n'oserais plus blâmer un père qui craindra de faire inoculer son fils. Car, si ce fils par malheur en est la victime, son père aura éternellement à se faire le reproche affreux d'avoir avancé la mort de ce qu'il avait de plus cher" (p. 484).<sup>19</sup> Ainsi, d'Alembert condamne l'intervention de l'Etat: "Si l'inoculation peut donner la mort, l'Etat n'est pas en droit d'obliger les citoyens à s'y soumettre" (p. 493).<sup>19</sup>

Enfin il conclut: "Je crois beaucoup plus sage de s'en tenir fermement à cette assertion: "On ne meurt point de la petite vérole inoculée, quand elle est donnée avec prudence et dans les circonstances convenables" (p. 496).<sup>19</sup> "Jusqu'à présent il ne paraît pas y avoir de preuve du contraire" (p. 497).<sup>19</sup> En 1765 La Condamine affirmera au sujet de l'objection de d'Alembert: "La différence de deux risques, dont l'un est très prochain et dont l'autre peut être très éloigné, étant inappréciable, de l'aveu de l'auteur de l'objection, qu'ai-je pu faire de mieux, que de supposer l'un de deux risques beaucoup plus grand, et l'autre plus petit qu'ils ne le sont en effet, et d'en tirer une conséquence d'autant plus évidente que la supposition est plus exagérée? . . . L'objection n'aurait plus lieu si l'on prouvait que l'inoculation prudemment administrée n'est jamais mortelle. Il est du moins très vraisemblable qu'elle peut être perfectionnée au point de la rendre exempte de tout risque; et mon illustre adversaire paraît ne pas s'éloigner de ce sentiment" (p. 511).<sup>38</sup> Ainsi La Condamine, le célèbre historien de l'inoculation, a-t-il réfléchi et approuvé la critique morale de d'Alembert! Sans doute le mémoire de La Condamine précède-t-il celui du tome 5 des *Mélanges*,<sup>19</sup> mais toutes les opinions citées dans le dernier mémoire ont déjà été exposées brièvement dans le 11<sup>e</sup> mémoire des "*Opusc. Math.*".<sup>17</sup>

La comparaison des avantages et des désavantages de l'inoculation est très difficile ainsi que nous l'avons vu jusqu'ici. A vrai dire, D. Bernoulli a eu le mérite d'appliquer pour la première fois le calcul des probabilités au problème médical. Il triomphait donc au point de vue mathématique. Mais, ne peut-on pas dire que c'était déjà le temps de demander aux médecins de ne sacrifier personne par l'inoculation, et que la prophylaxie moderne suivait désormais l'opinion de d'Alembert? Alors pourrait-on dire que d'Alembert a été vaincu auprès des mathématiciens, mais qu'il a triomphé auprès du monde médical.

Cependant, dans le 11<sup>e</sup> mémoire des *Opusc. Math.*,<sup>17</sup> d'Alembert propose lui aussi sa nouvelle manière de calculer l'augmentation de la vie moyenne par l'inoculation. Suivant cette méthode, il faut avoir les connaissances suivantes:

- (1) la liste des décès,
- (2) la somme des morts de la petite vérole dès la naissance jusqu'à chaque âge,
- (3) le nombre des personnes à chaque âge qui n'ont jamais eu la petite vérole dans leur passé.

Le calcul de Bernoulli ne nécessite que la liste des décès. Les deux constantes  $m$  et  $n$  lui permettent de calculer les deux tables (2) et (3). Mais suivant d'Alembert c'est une simplification excessive que de supposer la constance de  $m$  et  $n$ . D'Alembert pense que  $1/m$  augmente avec l'âge, particulièrement depuis l'âge de 15 ans

jusqu'à la mort, et que  $1/n$  étant petit pour l'enfant en bas âge, augmente jusqu'à l'âge de 10 ans, puis diminue graduellement. Cette négation de la constance de  $m$  et  $n$  l'oblige chercher les tables (2) et (3) par l'expérience. Mais, où d'Alembert peut-il trouver ces tables? Il est naturel qu'il ne peut nous laisser aucun calcul pratique. Nous ajouterons que d'Alembert ne consente pas non plus à la constance des risques de l'inoculation à chaque âge, ce que suppose Bernoulli.

Bernoulli répond sur quelques points. Il dit que son calcul n'est qu'approximatif, mais qu'il satisfait à tous les phénomènes connus. Il avoue qu'il ajuste la valeur de  $m$  et  $n$  pour que  $1/13$  de la population meure de la petite vérole; il choisit  $m = 8$  au lieu de  $m = 7$  généralement adopté, parce qu'il y aurait un trop grand nombre de morts par la petite vérole dans le cas de  $m = 7$ . Il fait une légère concession à d'Alembert, en disant qu'il n'y a que la première année d'âge qui lui a semblé d'abord un peu surchargée dans la distribution de tout le ravage variolique. Selon la liste de Halley, la moitié des nouveaux-nés meurt jusqu'à l'âge de 4 ans. Si  $m$  et  $n$  sont constants, les morts de la petite vérole se concentreront avant l'âge de 4 ans. En effet, suivant le calcul de Bernoulli, la moitié des morts par la petite vérole se trouve chez les enfants de moins de 4 ans et demi. Il conseille donc de faire inoculer les enfants aussitôt après leur naissance ou tout au plus à l'âge d'un an accompli: "Si cependant une longue expérience donnait à connaître qu'à la première année de vie les enfants fussent beaucoup moins exposés à prendre la petite vérole que les années suivantes, ce serait un motif de différer l'inoculation jusqu'à l'âge d'un an accompli."<sup>15</sup> Le nombre des enfants morts de la petite vérole en bas âge serait le plus principal point de litige entre eux, parce qu'il s'agit de l'âge auquel on fait inoculer les enfants; mais il n'y aurait de preuves décisives ni pour d'Alembert ni pour Bernoulli. D'Alembert doit se borner à dire que le risque de mourir de la petite vérole ne commencerait qu'à 4 ans et non pas dès l'âge d'un an.

Quant aux critiques morales de d'Alembert, Bernoulli ne cède point.: "Si l'on fait inoculer 1300 nouveaux-nés, on délivrera 100 enfants de la mort de la petite vérole. Il est sûr que l'augmentation de la vie moyenne n'augmente que de deux ans, mais c'est parce qu'on distribue uniformément l'avantage de 100 nouveaux-nés sur 1300. Donc, les personnes de mérite pourraient apprécier cette augmentation de deux ans."<sup>16</sup> D'Alembert s'irrite de cette réponse: "Bernoulli avoue lui-même que 12/13 d'enfants ne reçoivent aucun avantage de l'inoculation. Pourquoi tous les nouveaux-nés doivent se risquer pour 1/13, quoique ce risque ne soit pas grand." On peut voir l'irritation de d'Alembert dans le 23<sup>e</sup> mémoire §8.<sup>20</sup>

Les polémiques ne pouvaient aboutir du point de vue mathématique, du fait du manque de statistiques médicales. Aussi d'Alembert sollicite-t-il l'aide de l'Etat et des Facultés de médecine pour réaliser les statistiques nécessaires. De plus, ces polémiques ont eu un autre effet: elles ont poussé d'Alembert à faire connaître à nouveau ses doutes sur le calcul des probabilités. En effet, ses différents mémoires sur l'inoculation sont presque toujours accompagnés par un autre mémoire concernant ses doutes sur le calcul des probabilités. Ces deux objets ont, en com-

mun, l'évaluation morale des probabilités. Dans l'article "Absent", d'Alembert a déjà suggéré de résoudre le problème de l'absent et d'autres questions embarrassantes telles que le problème de Pétersbourg par la théorie de Buffon, qui consiste "à avoir la plus grande certitude morale possible qu'une supposition est vraie." C'est pour cela que d'Alembert a hésité à employer et à critiquer l'espérance pascalienne dans l'*Encyclopédie*. En réfléchissant à l'avantage de l'inoculation, peut-être a-t-il compris qu'il n'y aurait pas d'autres expressions plus effectives que l'espérance, pour évaluer généralement l'avantage des probabilités; alors il commencera à critiquer obstinément l'espérance pascalienne.

#### §1.4 *Sur la probabilité d'amener croix en deux coups*

Comme nous l'avons vu dans la section §1.2, d'Alembert n'énumère pour ce jeu que trois combinaisons qui sont également possibles: C, P-C, P-P; et il conclut dans l'article "Croix ou Pile" que la probabilité d'amener croix en deux coups est égale à 2/3. Dans les mémoires des *Opusc. Math.* il semble faire peu à peu quelques concessions à la théorie ordinaire. Dans le 10<sup>e</sup> mémoire, il écrit que la probabilité n'est ni de 2/3 ni de 3/4, mais moyenne entre ces deux nombres, quoiqu'elle approche plus de 2/3 que de 3/4 (p. 22).<sup>18</sup> Il insiste sur le fait que les probabilités de C, de P-C et de P-P sont à peu près égales, mais en même temps il accepte que la probabilité de P-P est moindre que les deux autres. Pour la réponse au 2<sup>e</sup> problème de Necker il déclare que la difficulté n'existe plus, tant qu'on approuve l'inégalité de probabilité de chaque combinaison possible. Enfin dans le 27<sup>e</sup> mémoire il ne dit rien de la valeur.<sup>21</sup> Supposons alors que les probabilités de C et de P-C soient égales à 1/2 et celle de P-P, à 1/3, la probabilité d'amener croix en deux coups deviendra

$$\frac{1/2 + 1/2}{1/2 + 1/2 + 1/3} = 3/4$$

Ce qui est en accord avec le calcul ordinaire. Sans doute il existe une grave contradiction dans ce calcul: la somme des trois probabilités dépassera l'unité.

$$1/2 + 1/2 + 1/3 = 4/3 > 1$$

Mais il faut dire que dès le 23<sup>e</sup> mémoire, il commence à douter que la certitude ne doive être toujours égale à l'unité.<sup>20</sup> Comme ce doute est très grave, nous y reviendrons plus loin.

D'abord nous verrons comment d'Alembert veut justifier l'égalité de la probabilité des trois cas: C, P-C, P-P. Voici la première explication qu'il écrit dans le 10<sup>e</sup> mémoire: "Sans difficulté 1/2 est la probabilité d'amener croix à un coup quelconque, en supposant qu'on joue ce coup; mais s'il est incertain qu'on joue ce coup, si la probabilité qu'on le jouera, est 1/2, alors multiplier la première probabilité 1/2 par la seconde 1/2, n'est-ce pas multiplier l'une par l'autre deux probabilités de différente nature, une probabilité (savoir la première) qui reste toujours égale à 1/2, et une probabilité (savoir la seconde) qui ne reste pas toujours 1/2, mais qui devient certitude dès qu'on la multiplie par la première. En effet la probabilité

1/2 d'amener croix ou pile, suppose nécessairement qu'on jouera le coup; ainsi la combinaison de cette probabilité avec le second fait changer celle-ci de nature, et la suppose certaine, de simplement probable qu'elle était auparavant?" (pp. 18-19)<sup>16</sup>

Nous examinerons d'abord la probabilité de n'amener croix qu'au second coup sous les deux suppositions suivantes:

le premier cas—on suppose qu'on ne joue pas encore le premier coup,

le second cas—on suppose qu'on ait déjà joué le premier coup, mais qu'on ne joue pas encore le second coup.

Pour jouer le second coup, il faut amener pile au premier coup. Dans le premier cas, (a) la probabilité d'amener pile au premier coup est égale à 1/2, mais (b) la probabilité d'amener croix au second coup n'est pas nécessairement égale à 1/2, parce qu'il est incertain qu'on le joue. Comme il ne dit rien de cette probabilité, nous lui donnerons la valeur  $x$ . Dans le second cas, (c) le premier coup devient certitude: on a amené nécessairement pile. Nous prendrons l'unité pour la valeur de certitude, parce que dans son premier mémoire il ne doute pas encore de cette valeur. Enfin (d) la probabilité d'amener croix au second coup est maintenant égal à 1/2, parce qu'il est sûr qu'on le jouera.

D'Alembert interdit de multiplier une probabilité du premier cas par celle du second, parce que ce sont deux probabilités de différente nature. Donc, multiplions deux probabilités de même nature l'une par l'autre, et supposons l'égalité de ces deux produits:

$$1/2 \times x = 1 \times 1/2$$

Est-ce qu'on peut dire que  $x$  est égal à l'unité? A vrai dire, il est peu probable que d'Alembert consente à donner une certaine valeur à  $x$ , parce qu'il insisterait sur le fait qu'on ne peut jouer le second coup qu'après avoir amené pile au premier coup. Mais malgré lui,  $x = 1$  montrera que croix arrivera nécessairement au second coup, ce qui est absurde. Voilà l'exagération de d'Alembert. Peut-être veut-il dire en employant le mot "certitude" que la probabilité d'avoir amené pile au premier coup, n'est plus de 1/2, mais qu'elle augmente et approche de l'unité. Son principe ne serait qu'approximatif. Mais quelle approximation?

Voici notre hypothèse. Selon d'Alembert, les coups consécutifs ne sont pas indépendants. Un coup dépend de ceux qui le précédent. Si l'on amène croix plusieurs fois de suite, la probabilité d'amener croix au coup suivant sera bien moindre que 1/2. Alors, d'Alembert aurait pu affirmer son principe inversement: si les probabilités d'amener pile et croix sont absolument égales à 1/2, il serait défendu d'imaginer le coup précédent, ou bien on pourrait négliger la probabilité du coup précédent, car on peut le supposer arbitrairement, soit pile, soit croix. Considérons deux coups successifs de pièce. Le second pile et le second croix dépendent du premier pile: la probabilité de P-P est moindre que celle de P-C. Cependant, si l'on peut supposer que les probabilités du second pile et du second croix sont approximativement égales, c'est-à-dire, si l'on peut regarder que le second coup est approximativement indépendant du premier coup, on pourra négliger

approximativement la probabilité du premier coup. Ainsi, suivant notre hypothèse il faudra dire: "Pour jouer le second coup, il faut amener pile au premier coup, dont la probabilité est égale à 1/2. Mais on peut regarder que les probabilités du second pile et du second croix sont égales à 1/2. Donc, au point de vue du second coup, le premier coup peut être regardé comme certain, parce qu'il peut être arbitraire, soit pile, soit croix."

Sans doute, l'explication conforme à notre hypothèse est un peu différente de celle de d'Alembert, mais on ne trouverait aucune contradiction entre elles. Dans le 27<sup>e</sup> mémoire, d'Alembert néglige le premier pile pour examiner le second coup, et ainsi il regarde les trois combinaisons possibles comme:

le premier croix      le second croix      le second pile

ce qui est favorable du point de vue de notre hypothèse; malheureusement son explication ne paraît pas être en accord avec la nôtre: "Il me paraît, dit-il, que mathématiquement parlant ces trois coups sont également possibles par la raison que croix ou pile arrivant au second coup, suppose que pile est nécessairement arrivé au premier, en sorte que le second cas pile et croix, ainsi que le troisième cas pile et pile ne forment chacun qu'un seul cas individuel et comme un seul coup" (p. 289).<sup>21</sup>

Malgré la différence, il est possible que d'Alembert ait suivi notre hypothèse. En effet, en prétendant que C, P-C et P-P sont à peu près également possibles, d'Alembert a déjà avoué l'inégalité des probabilités de P-C et P-P, tandis que notre hypothèse est fondée sur l'égalité de ces deux probabilités. Donc, s'il avait suivi notre hypothèse, il n'aurait pu l'avouer franchement aux lecteurs.

La première explication de d'Alembert était trop compliquée et difficile à comprendre. Donc il a dû la simplifier dans son 27<sup>e</sup> mémoire. Ainsi il a expliqué qu'on devait amener pile au premier coup pour jouer le second, et il a appelé cela la certitude de premier coup. Mais, s'il avait insisté sur cette simplification excessive, il se serait perdu dans un raisonnement embarrassant: "On a amené pile deux fois de suite; alors les deux coups deviennent certitude; donc on peut amener pile trois fois de suite par la probabilité de 1/2; ainsi, pile est arrivé trois fois de suite, et ces trois coups deviennent certitude; donc on peut amener pile quatre fois de suite par la probabilité de 1/2; ainsi de suite." Et, c'est la raison pour laquelle nous supposons que d'Alembert a dû avoir quelques idées semblables à celles de notre hypothèse.

### *§1.5 Sur le problème de Pétersbourg. Est-ce que le jeu peut durer éternellement?*

Dans l'article "Absent",<sup>1</sup> d'Alembert a suggéré de traiter le problème de Pétersbourg par la méthode de Buffon fondée sur sa notion de "la plus grande certitude morale possible". Dans l'article "Croix ou Pile" il n'a pas encore voulu le traiter par l'espérance pascalienne, mais il a déclaré clairement qu'on devait le résoudre entièrement sous forme mathématique: "Pour rendre plus complètes les solutions des problèmes concernant les jeux, il serait à souhaiter qu'on pût y faire entrer les considérations morales . . . Mais toutes ces considérations, étant presque impos-

sibles à soumettre au calcul à cause de la diversité des circonstances, on est obligé d'en faire abstraction et de résoudre les problèmes mathématiquement.”<sup>16</sup> En considérant l'évaluation morale des probabilités dans ses polémiques sur l'inoculation d'Alembert veut critiquer mathématiquement le problème de Pétersbourg, et nier la validité de l'espérance pascalienne.

Ce qui mène l'espérance du problème de Pétersbourg à une somme infinie, c'est évidemment la possibilité que croix arrive à tous les coups et que par conséquent pile n'arrive jamais. Mais la difficulté ne sera pas complètement résolue, si l'on ne joue qu'un nombre fini de coups: “Par exemple, dit-il, si Pierre et Paul ne jouent qu'en cent coups, on trouvera que Paul doit donner 50 écus à Pierre. Or il n'y a point de joueur qui voulût donner cette somme en pareil cas” (p. 5).<sup>16</sup> Aussi, d'Alembert croit-il qu'il n'est pas convenable de limiter le nombre de coups par des conditions morales telles que la fortune des joueurs, quoiqu'il soit recommandable aux mathématiciens de considérer celles-ci dans le calcul des probabilités.

D'Alembert propose dans le 10<sup>e</sup> mémoire: “Quand la probabilité d'un événement est fort petite, elle doit être regardée et traitée comme nulle; et qu'il ne faut point multiplier cette probabilité par le gain espéré” (p. 8).<sup>16</sup> Quelque grand que soit le nombre  $n$ , suivant le calcul ordinaire la probabilité d'amener croix  $n$  fois de suite n'est pas absolument nulle, mais  $1/2^n$ . D'Alembert déclare: “Il est pourtant vrai, et même évident que cette supposition est possible dans la rigueur mathématique. Ce n'est donc physiquement parlant qu'elle est fausse” (p. 454).<sup>18</sup> Et, il continue: “(Si Pierre et Paul jouent croix ou pile, et si pile arrive dix fois de suite), Paul se récriera infailliblement au 10<sup>e</sup> coup, que la chose n'est pas naturelle et que sûrement la pièce a été préparée de manière à amener toujours pile” (p. 455).<sup>18</sup> D'Alembert suppose que croix arrive nécessairement (et par conséquent la probabilité d'amener pile est absolument nulle) après un certain nombre de coups; mais il se désole de ne savoir fixer ce nombre. (p. 4).<sup>16</sup>

Il veut chercher la valeur limite de probabilité qui doit être regardée comme physiquement nulle. Mais, s'il suppose qu'une probabilité moindre que  $1/1000$  soit physiquement nulle, il devra compter quelque diminution pour une probabilité dont la valeur est très approchée de  $1/1000$  (par exemple  $1/999$ ,  $1/998$  etc). Alors, jusqu'à quelle terme doit-il compter une pareille diminution? “S'il faut diminuer tous les termes même ceux qui contiennent des fractions assez grandes comme  $1/4$  ou  $1/8$ , pour lors la règle des probabilités se trouvera fautive et imparfaite, même dans le cas où la probabilité ne sera pas fort petite” (pp. 11–12).<sup>16</sup> Il faut remarquer qu'il y a deux espèces de probabilités pour d'Alembert: la probabilité mathématique et la probabilité physique. Et il veut corriger ou remplacer la valeur de celle-là par la valeur de celle-ci.

Ainsi d'Alembert demande: “Est-ce qu'il est également possible que croix ou pile arrivera au 4<sup>e</sup> coup, après qu'on a amené croix trois fois de suite?” (p. 13)<sup>16</sup> Il pense que, si cette supposition est vraie, il est possible que croix arrivera toujours et que pile n'arrivera jamais, ce qui n'a jamais lieu physiquement.

Sans doute le principe de d'Alembert est fautif au point de vue du calcul des probabilités. Cependant il demande l'aide de sa philosophie pour fonder son principe physiquement. Il écrit: "La variété des événements successifs est un phénomène constant de la nature; et leur similitude constante ou répétée un grand nombre de fois, est au contraire un phénomène qui n'arrive jamais" (p. 15).<sup>18</sup> Ou "toute uniformité singulière d'événements annonce une cause; dès qu'on ne supposera point de cause, on ne doit supposer d'uniformité extraordinaire" (p. 89).<sup>19</sup> Sans doute d'Alembert a-t-il raison. Si l'on n'avait pas eu une telle conviction, comment aurait-on pu établir les sciences modernes? Comme il devait rester mathématicien particulièrement dans ses mémoires des *Opusc. Math.*, il n'a pas expliqué ces phrases en détail; mais nous pourrons les regarder comme sa définition philosophique ou épistémologique du hasard. Certainement, c'est la variété des événements qui nous fait juger qu'un phénomène est probable. Donc, quand nous trouvons quelque uniformité singulière d'événements, nous cherchons une cause suivant le principe de causalité. Et c'est la naissance des sciences modernes.

Dans le 23<sup>e</sup> mémoire d'Alembert présente de nouvelles propositions concernant la probabilité d'amener croix  $n$  fois de suite. Ses premières propositions sont d'adopter la valeur  $\frac{1}{2^n(1+\zeta n^2)}$  ou simplement  $\frac{1}{2^{n+(n-1)\alpha}}$  ( $\zeta$  et  $\alpha$  sont des positifs arbitraires) au lieu de  $1/2^n$ ; ces substitutions réduisent l'espérance du problème de Pétersbourg à une valeur définie. D'Alembert montre qu'en choisissant convenablement la valeur de  $\zeta$  ou  $\alpha$ , on peut obtenir des résultats raisonnables pour l'espérance du problème de Pétersbourg. Pour réduire la probabilité à zéro après un certain nombre de termes, il conseille de prendre la valeur  $\frac{1}{2^n(1+B\sqrt{k-n^q})}$  ou  $\frac{1}{2^n(1+B(k-n)^{-q-1/2})}$  ( $k$ ,  $B$  sont des positifs arbitraires, et  $q$ , un nombre entier) (pp. 74-76).<sup>20</sup> Les nouveaux termes qu'il propose dans le 23<sup>e</sup> mémoire n'ont guère d'importance, parce qu'il ne croit pas à leur exactitude. Il se contente de montrer qu'on peut faire divers essais pour chercher la vraie probabilité.

Cependant, selon d'Alembert, croix ne peut jamais arriver un grand nombre de fois de suite. De là vient une autre difficulté: déterminer les combinaisons possibles en calcul des probabilités. Supposons qu'on jette une pièce cent fois de suite. Le nombre de toutes les combinaisons de pile et de croix monte à  $2^{100}$ . Si toutes les combinaisons de pile et de croix sont également possibles suivant le calcul ordinaire, il y a une probabilité d'amener croix cent fois de suite par  $100 \times 2^{100}$  coups. Mais, selon d'Alembert, pile arrive nécessairement, après avoir amené croix  $n$  fois de suite. Sans doute d'Alembert ne peut-il trouver ce nombre  $n$ , mais il considère qu'il est très inférieur à 100. Il pense donc qu'il ne faut pas énumérer les combinaisons où croix arrive successivement ( $n+1$ ) fois, ( $n+2$ ) fois..., 100 fois, c'est-à-dire les cas où l'une des éventualités de croix ou de pile arrive avec une fréquence beaucoup plus grande que l'autre. Il croit aussi que les combinaisons où croix et pile se trouvent mêlés, sont plus probables que ce que nous apprend le calcul ordinaire.

Dès le 10<sup>e</sup> mémoire il déclare que la règle des combinaisons des événements est défectueuse dans le calcul ordinaire: "Je ne crois pas, dit-il, que dans le nombre des combinaisons possibles, celle qui amènera plusieurs fois de suite le même événement, est aussi possible que chacune des autres en particuliers" (p. 14).<sup>16</sup>

La méthode consistant à énumérer toutes les combinaisons mathématiquement possibles est valable sous la condition de l'égalité de leurs probabilités. Si cette condition manque, il sera préférable qu'on n'énumère que les combinaisons physiquement possibles, et qu'on recherche directement leurs rapports de probabilités. Nous trouverons ainsi la vraie raison pour laquelle d'Alembert insiste sur les trois combinaisons possibles pour le jeu de croix ou pile en deux coups, car c'est un bon exemple pour réfuter l'énumération de toutes les combinaisons mathématiquement possibles. Donc il n'est pas nécessaire pour d'Alembert d'insister sur la valeur 2/3. Ce qui est le plus important pour lui, ce serait le principe de n'énumérer que les combinaisons physiquement possibles. Mais pour pouvoir prétendre qu'il est préférable d'énumérer suivant sa méthode, il est obligé de regarder ses trois combinaisons comme à peu près également possibles.

On peut trouver quelques exemples très intéressants concernant les combinaisons physiquement possibles dans son mémoire des *Mélanges*. Sans doute, dans ses *Mélanges*, adoptait-il une orientation moins mathématique devenant philosophe dans son mémoire concernant le calcul des probabilités, ou moraliste dans son mémoire concernant l'inoculation. Il est vrai qu'au 18<sup>e</sup> siècle tous les philosophes étaient plus ou moins des moralistes.

D'Alembert considère d'abord 25 lettres arrangées suivant différentes manières:

Constantinopolitanensibus  
aabceiiilnnnnnnooopsssttu  
nbaeptolnoiauostnisninctn

Ces trois arrangements contiennent les mêmes lettres: dans le premier les lettres forment un mot connu; dans le second les lettres sont disposées suivant leur ordre alphabétique; enfin dans le troisième les caractères sont pêle-mêle, sans ordre et au hasard. D'Alembert conclut: "L'homme sensé ne regarde pas en quelque manière les trois arrangements comme également possibles physiquement parlant, quoique la possibilité mathématique soit égale et la même pour tous les trois" (p. 459).<sup>18</sup>

Certes, les hommes sensés excluraient au départ le premier arrangement et même le second de l'étude du hasard, en disant: "Ce n'est pas un objet pour considérer le hasard; ce serait un objet pour examiner la faculté mentale de celui qui touche ces lettres." Pourquoi? Dès le départ, on a inventé les lettres pour représenter une signification donnée par leur arrangement, et on leur a donné l'ordre alphabétique. Les règles des lettres ont été données dès leur invention; donc, quand on trouve dans l'arrangement des lettres un sens quelconque ou l'ordre alphabétique, on pense naturellement que quelqu'un les a réarrangées intentionnellement. Mais il en est de même pour la nature. C'est grâce à la croyance sur l'uniformité

du monde extérieur que les sciences physiques modernes se sont développées. D'Alembert était un grand mécaniste. Donc, il lui a fallu distinguer strictement la probabilité d'avec la certitude physique: Qu'est-ce que la probabilité? C'est une interrogation qu'on doit faire tout au moins une fois fondamentalement. Le problème de Pétersbourg ne lui a donné qu'une chance de se la poser.

Enfin nous citerons un autre exemple de son mémoire des "Mélanges". Bernoulli a cherché "par quelle raison les orbites des planètes sont renfermées dans une très-petite zone parallèle à l'écliptique et qui n'est que la dix-septième partie de la sphère". Il a trouvé qu'il y avait à parier plus de 1400000 contre un que la chose n'arriverait pas ainsi. D'Alembert répond ironiquement: "Si les planètes étaient toutes dans le même plan, on trouverait qu'il y a l'infini à parier contre un que cet arrangement ne devrait pas arriver. Cependant, tout autre arrangement particulier et arbitraire qu'on voudra imaginer (par exemple Mercure à 20 degrés d'inclinaison, Vénus à 15, Mars à 52, Jupiter à 40, Saturne à 83) est unique, comme celui de l'arrangement des planètes dans le même plan... Pourquoi donc Bernoulli cherche-t-il une cause dans le premier cas, lorsqu'il n'en chercherait point dans le second cas?" (p. 460)<sup>18</sup> Cette fois-ci, d'Alembert a eu raison. Si toutes les planètes étaient dans le même plan, cette uniformité extraordinaire permettrait aux savants de trouver facilement une cause physique; mais quel que soit l'arrangement des planètes, ils en trouveraient la cause après des études longues et fastidieuses.

### §1.6 *Les doutes sur l'espérance pascalienne*

Dans le 10<sup>e</sup> mémoire, d'Alembert était déjà mécontent des règles ordinaires de l'espérance, mais il n'a suggéré l'inapplicabilité de ces règles qu'au seul problème de Pétersbourg, en conseillant de ne pas multiplier la probabilité d'un événement par le gain espéré lorsque la probabilité est fort petite. Dans ce mémoire, il s'intéresse particulièrement à la distinction entre probabilité mathématique et probabilité physique. Mais dans les mémoires suivants, son intérêt se trouve de plus en plus vers les difficultés posées par l'espérance.

Dans le 23<sup>e</sup> mémoire, il cite deux exemples qui le font douter de l'espérance. Premièrement, il suppose que Pierre et Paul jouent à la condition que si Paul n'amène croix qu'au 100<sup>e</sup> coup, il donnera 2<sup>99</sup> écus à Pierre, mais que si Paul l'amène avant le 100<sup>e</sup> coup, il ne lui donnera rien. Malgré que son espérance soit d'un demi écu, Pierre ne le donnera jamais à Paul pour jouer au pair, parce qu'il perdrat sûrement son demi écu. Deuxièmement il compare les deux cas suivants: au premier il est certain qu'on gagne 500 livres; au second on gagnera 1000 livres avec une probabilité de 1/2. L'espérance est égale pour ces deux cas, mais dans le premier on ne risque rien. D'Alembert formule les réflexions suivants: "Il me semble que toutes les idées d'espérance, d'enjeu, de somme qu'il faut donner pour jouer au pair, ne sont pas facile à fixer d'une manière précise" (p. 82).<sup>20</sup> Et il ajoute: "Ce sera principalement la probabilité bien plus que la somme espérée qui constitue l'espérance, car quelle que soit la somme espérée qu'est-ce que l'espérance si la probabilité est fort petite?" (p. 83)<sup>20</sup> Il gardait cette idée durant toute sa vie. On

peut le voir dans le 52<sup>e</sup> mémoire: "C'est la probabilité seule qui forme l'espérance véritable et comme la somme espérée quelque grande qu'elle soit n'augmente pas cette probabilité, il me semble qu'on ne doit pas multiplier cette somme par la probabilité, pour avoir ce qu'on nomme l'espérance du joueur" (p. 47).<sup>25</sup>

Ce qui est le plus important, c'est qu'il commence à douter dès le 27<sup>e</sup> mémoire que l'espérance totale ne soit la somme des espérances partielles. Il l'avoue franchement dans le 52<sup>e</sup> mémoire: "Si on ne doit gagner par exemple qu'au second coup, il est clair qu'on n'aura point gagné au premier coup. On ne peut donc avoir à la fois l'espérance de gagner au premier et de gagner au second. Pour avoir l'espérance totale, faut-il donc ajouter les espérances partielles qui semblent s'exclure les unes les autres? Je ne veux pas conclure de là que le résultat de cette addition ne soit pas exact. Je dis que la théorie s'énonce d'une manière obscure et pas satisfaisant" (p. 42).<sup>25</sup> Nous verrons plus tard que Condorcet répond admirablement à ce problème. Pourquoi D'Alembert doute-t-il de l'addition des espérances partielles? C'est parce qu'il croit trouver un exemple contredisant une pareille addition. Le voici:

D'Alembert considère une forme modifiée du problème de Pétersbourg pour expliquer que dans ce problème ce n'est pas la durée du jeu supposée infinie qui rend l'enjeu infini: "Au lieu de supposer que l'un des Joueurs doive donner un écu au premier coup, deux au second, quatre au troisième, etc, toutes autres conditions étant d'ailleurs absolument les mêmes, supposons qu'il doive ne donner qu'un écu à chaque coup; on trouvera qu'alors l'enjeu devra être  $1/2 + 1/4 \dots$  etc à l'infini, égal à un écu, quoiqu'on suppose que la durée du jeu puisse être infinie. . . . Ce dernier cas peut fournir contre moi une objection que personne ne m'a faite, et qui peut néanmoins paraître très-forte. On pourrait dire: dans le cas précédent le calcul donne un écu pour la somme que l'un des Joueurs doit donner à l'autre avant le jeu, et ce résultat est en effet conforme à la raison, car puisque le Joueur qui doit donner cet enjeu, recevra infailliblement de l'autre un écu ni plus ni moins, quelque chose qu'il arrive, il est clair que pour rendre égale la condition des deux Joueurs, il doit donner un écu à l'autre. Or c'est ce qui ne devrait pas être suivant votre manière d'évaluer les probabilités: car la probabilité que l'un des deux coups arrivera un très grand nombre de fois de suite, étant nulle selon vous, la série  $1/2 + 1/4 + 1/8 \dots$  etc aboutira, après un certain nombre fini de termes à zéro absolu, et par conséquent la somme de cette série sera moindre que 1. Je répond que cette objection, sans me faire changer de sentiment sur l'impossibilité que je crois incontestable par l'expérience, me rend seulement très suspecte un autre règle du calcul des probabilités qui consiste à ajouter les espérances partielles pour avoir l'espérance totale" (pp. 300-301).<sup>21</sup>

Premièrement il faut dire que d'Alembert n'applique pas fidèlement sa propre théorie à son argument. Pour obtenir l'espérance totale, il doit additionner les probabilités des termes suivants:

$$C \quad P-C \quad P-P-C \quad \dots \quad \underbrace{P-P-P \dots P-C}_{(n-1)} \quad \underbrace{P-P-P \dots P-C}_n \quad (1)$$

tandis qu'il semble additionner celles des termes suivants:

$$\text{P} \quad \text{P-P} \quad \text{P-P-P} \quad \dots \dots \dots \quad \underbrace{\text{P-P-P-...P-P}}_n \quad 0 \quad (2)$$

(Supposons que croix arrive nécessairement, après que pile soit arrivé  $n$  fois de suite.) Evidemment la somme des probabilités (2) est moindre que 1, mais la série (1) a un terme de plus que la série (2), et la probabilité du terme de la série (1) est plus grande que celle du terme correspondant de la série (2). D'Alembert doit donc s'efforcer de déterminer les probabilités des termes (1) dont la somme devrait être 1, avant de douter de l'addition des espérances partielles. Deuxièmement, il faut remarquer que dans ce problème l'espérance est égale à la probabilité elle-même. On doit donc demander à d'Alembert: Est-ce que la somme de toutes les probabilités, c'est-à-dire la valeur de certitude peut être inférieure à 1? En vérité d'Alembert répond affirmativement selon cet argument. Enfin, il est important de déterminer le moment où il a trouvé ce problème. Peut-être d'Alembert a-t-il été embarrassé quelque temps par la difficulté de cette forme modifiée du problème de Pétersbourg et aurait-il voulu avoir un certain temps pour y réfléchir. Mais dans le 27<sup>e</sup> mémoire il était déjà fier d'exposer ce problème qui pourrait fournir contre lui une importante objection que personne ne lui a faite jusque-là. Donc il est possible qu'il ait déjà eu l'idée de ce problème, lorsqu'il a écrit le 23<sup>e</sup> mémoire, dans lequel il a exprimé son premier doute sur la certitude, mémoire qui n'a précédé le 27<sup>e</sup> mémoire que d'au plus un ans.

Il nous semble que l'espérance est l'objet le plus important de ses critiques dans ses 27<sup>e</sup> et 52<sup>e</sup> mémoires. Sans doute il avait déjà écrit en détail sur la distinction entre probabilité physique et probabilité mathématique, y ajoutant des réflexions philosophiques, et à ce moment-là il ne lui restait que peu de choses à dire sur ce sujet.

### §1.7 *Les doutes sur la certitude et le "Problème sur les cartes".*

D'Alembert commence à douter dans son 23<sup>e</sup> mémoire que la valeur de la certitude ne doive être toujours égale à l'unité. Ses doutes proviennent de deux causes:

La première cause—Il s'agit du jeu d'amener croix en deux coups. D'Alembert croit qu'il n'y a que trois combinaisons C, P-C, P-P qui sont à peu près également possibles. Comme la probabilité de la première combinaison C doit être égale à 1/2 selon d'Alembert, la somme de ces trois combinaisons monte à peu près à 3/2. La première cause nous montre que la valeur de la certitude dépasse l'unité.

La seconde cause—Il s'agit aussi du jeu d'amener croix en deux coups. Pour jouer le second coup, on doit supposer que pile est nécessairement arrivé au premier, et ce premier pile doit être regardé comme certitude. Mais quelle certitude? Dans le 10<sup>e</sup> mémoire il écrit: "Le cas pile et croix n'est exactement aussi possible que le cas croix seul; mais le rapport des probabilités me paraît inappréciable" (p. 21).<sup>16</sup> Avec quelle prudence il écrit ces lignes! Dans ses autres mémoires, même ces

prudentes expressions sont disparues! Pour défendre son principe contre ses adversaires, il ne veut pas dire franchement ce qu'il pense. Mais sa pensée est évidente. Il pense que dans ce cas la certitude est très proche de 1, mais inférieure à 1. Par conséquent la seconde cause nous montre que la certitude est inférieure à l'unité.

En outre, il aurait dû accepter la certitude ordinaire dont la valeur est rigoureusement égale à l'unité.

Dès le premier écrit sur le calcul des probabilités, il a dû être embarrassé par ces trois espèces de certitudes qu'il n'a osé d'écrire. Mais toutes les fois qu'il a rencontré quelque difficulté, il a recouru à l'idée de certitude. Ainsi toutes les difficultés semblaient se concentrer sur cette idée. Enfin suivant sa fausse argumentation, il a découvert la troisième preuve où la valeur de la certitude n'est pas nécessairement égale à l'unité, dans la forme modifiée du problème de Pétersbourg. Celle-ci appartient à la seconde cause. Alors il n'a pu éviter de parler de ses doutes sur la certitude. En effet il a écrit dans le 23<sup>e</sup> mémoire: "Dans l'analyse des hasards, on regarde la certitude comme 1 et la probabilité, comme une fraction de la certitude. Cette supposition est-elle bien exacte à tous les égards? Car mille probabilités ne feront jamais une certitude. D'ailleurs, s'il y a certitude qu'on gagnera 500 livres, et probabilité 1/2 qu'on gagnera 1000 livres, dira-t-on que les deux cas sont les mêmes?" (p. 83).<sup>20</sup>

Certes dans le calcul ordinaire on donne la valeur 1 à la certitude, et on détermine les probabilités comme ses fractions. Comme le calcul ordinaire énumère mathématiquement toutes les combinaisons et les regarde comme également possibles, la certitude peut être toujours constante, et égale à l'unité. Comme d'Alembert nie ce principe, il est naturel pour lui que la certitude mathématique qui n'est que la somme des probabilités puisse être variable. Peut-être est-il jaloux du calcul ordinaire dans lequel on réussit heureusement à établir la certitude comme constante. Il voudrait la réfuter en établissant la distinction philosophique entre probabilités et certitude. En effet il écrit: mille probabilités ne feront jamais une certitude. Et, pour approuver sa pensée, il veut qu'on apprécie le sentiment moral de l'homme: la probabilité nous demande un risque, tandis qu'on ne risque rien dans la certitude.

Au début du 27<sup>e</sup> mémoire il écrit: "Comment on peut donner à l'incertitude une valeur précise et déterminée par le calcul qui est la fraction de la certitude, quoique rigoureusement et métaphysiquement la certitude soit, par rapport à la simple probabilité, ce qu'est l'infini par rapport à l'unité" (p. 284).<sup>21</sup> Nous voyons ici son espérance de déterminer l'incertitude au point de vue de la certitude philosophiquement définie. Mais c'est impossible, parce que l'incertitude n'est pas autre chose que la probabilité, et que la certitude ne peut être, mathématiquement parlant, que la somme des probabilités. Aussi écrit-il à la fin de ce mémoire: "Soit  $p + q$  le nombre total des cas,  $p$  la probabilité d'un certain nombre de cas,  $q$  la probabilité des autres; la probabilité de chacun sera à la certitude totale comme  $p$  et  $q$  sont à  $p + q$ . Voilà ce que je nie encore; j'accorde que les probabilités de

chaque cas sont comme  $p$  et  $q$ ; je conviens qu'il arrivera certainement et infailliblement, un des cas dont le nombre est  $p + q$ ; mais je nie que du rapport des probabilités entre elles, on puisse en conclure leur rapport à la certitude absolue, parce que la certitude absolu est infini par rapport à la plus grande probabilité" (p. 309).<sup>21</sup> On peut voir son désir de nier la certitude mathématique qui n'est que la somme des probabilités et d'établir la philosophie de la certitude par le mot "certitude absolue".

L'article "Problème sur les cartes"<sup>24</sup> est très important au point de vue de la certitude. Todhunter l'a trouvé dans l'*Encyclopédie Méthodique*, mais il n'a pas su qu'il avait été déjà imprimé dans le *Supplément de l'Encyclopédie* en 1776. Todhunter s'écrie alors avec stupeur: "Il paraît curieux que de telles erreurs aient pu être admises dans l'*Encyclopédie Méthodique*" (p. 292).<sup>25</sup> Certes, on peut trouver des erreurs assez extraordinaires dans cet article, mais il faut dire en même temps que Todhunter interprète mal les erreurs de d'Alembert. Ayant lu tous les écrits de d'Alembert concernant le calcul des probabilités, il signale toutes les erreurs qu'a commises d'Alembert. Cependant, comme Todhunter ne s'efforce point de reconstituer ces erreurs pour éclaircir les vraies idées de d'Alembert, il comprend mal l'article "Problème sur les cartes" et il ne touche point aux idées de d'Alembert sur la certitude.

Citons d'abord l'article: "Pierre tient huit cartes dans ses mains, qui sont, un as, un deux, un trois, un quatre, un cinq, un six, un sept, un huit, qu'il a mêlés: Paul parie que les tirant l'une après l'autre, il les devinera à mesure qu'il les tirera. L'on demande combien Pierre doit parier contre un que Paul ne réussira pas dans son entreprise?" Il donne la solution de cette première question: "L'espérance de Paul au premier coup est  $1/8$ , au second coup  $1/7$ ; d'où il s'ensuit que son espérance pour les deux premiers coups est  $1/8 \times 1/7 \dots$ . Par la même raison l'espérance de Paul pour trois coups sera  $1/8 \times 1/7 \times 1/6$ ; pour sept elle sera  $1/8 \times 1/7 \dots \times 1/2$ ; donc l'enjeu de Pierre sera à celui de Paul comme  $8! - 1$  est à 1."

Puis d'Alembert passe à la seconde question: "Si Paul pariait d'amener ou de deviner juste à un des sept coups seulement, son espérance serait  $1/8 + 1/7 + \dots + 1/2$ , et par conséquent l'enjeu de Pierre à celui de Paul, comme  $1/8 + 1/7 \dots + 1/2$  à  $1 - 1/8 - 1/7 \dots - 1/2$ ." La troisième question est la suivante: "Si Paul pariait d'amener juste dans les deux premiers coups seulement, son espérance serait  $1/8 + 1/7$ , et le rapport des enjeux, celui de  $1/8 + 1/7$  à  $1 - 1/8 - 1/7$ ." Pourquoi d'Alembert a-t-il proposé la troisième question après la seconde? La troisième question n'est-elle pas superflue, après avoir résolu la seconde?

Il faut reconnaître que cet article est écrit intentionnellement et d'une façon très artificielle. La solution de la première question est correcte. La probabilité pour que Pierre devine juste toutes les 7 cartes ne sera que  $1/8 \times 1/7 \dots \times 1/2$ . Il décompose ce produit en 7 termes,  $1/8, 1/7, \dots, 1/3$  et  $1/2$ , dont le sens est exposé dans la solution. Ainsi il prépare avec précaution la possibilité de les additionner dans la 2<sup>e</sup> question. La solution de cette 2<sup>e</sup> question est fausse; il faut remarquer que dans cette solution la somme des probabilités dépasse l'unité et l'enjeu devient

négatif pour Pierre, à cause de

$$1 - 1/8 - 1/7 - \dots - 1/2 < 0;$$

ce qui est incroyable, si l'on se réfère au calcul ordinaire des probabilités. La solution de la 3<sup>e</sup> question est aussi erronée, mais on n'y trouve plus cette absurdité. On pourrait dire que d'Alembert, en arrangeant ces deux solutions l'une après l'autre, veut souligner le résultat étonnant de la 2<sup>e</sup> question: la somme des probabilités dépasse l'unité, ce qui appartient à la première cause.

Todhunter donne de la seconde question deux interprétations dont la première lui semble correcte. Premièrement il suppose que Paul devine juste une fois et se trompe six fois; alors la solution sera  $1/8(1/7 + 1/6 + \dots + 1/2)$ . Deuxièmement il suppose que Paul devine tout au moins une fois, et il résout: la probabilité qu'on ne réussit jamais à deviner sera  $7/8 \times 6/7 \times \dots \times 1/2 = 1/8$ ; donc, la solution sera  $1 - 1/8 = 7/8$  (pp. 290–291).<sup>35</sup> Il est clair que la 2<sup>e</sup> interprétation est juste. Pourquoi Todhunter a-t-il faussement jugé que la première était correcte? Peut-être, parce qu'il ne comprend pas de quelle manière d'Alembert trouve sa solution composée d'une somme de sept fractions. Donc nous résoudrons la seconde question suivant la pensée de d'Alembert.

Paul et Pierre jouent avec huit cartes. En les tirant l'une après l'autre, Paul veut le deviner. Si Paul ne réussit pas sept fois de suite à deviner, Pierre gagnera; au contraire, à peine Paul devine-t-il juste une carte, que Paul gagne et que le jeu est fini à ce moment-là. Alors, ce jeu de cartes lui apparaît analogue au jeu de croix ou pile. Paul a sept occasions de gagner: deviner juste au premier coup, au second coup, ..., au 7<sup>e</sup> coup. La probabilité de deviner juste au premier coup est  $1/8$ ; celle de deviner juste au second coup est  $7/8 \times 1/7$ , parce que pour deviner au second coup, il faut que Paul se trompe au premier coup dont la probabilité est  $7/8$  suivant le calcul ordinaire. Cependant selon d'Alembert cette probabilité  $7/8$  doit devenir certaine pour tirer la seconde carte. Donc la probabilité de deviner juste au second coup est  $1/7$ . Par le même argument, la probabilité de ne deviner juste qu'au 3<sup>e</sup> coup est  $1/6$  et ainsi de suite.

Voilà la réapparition de la certitude qui appartient à la seconde cause. Lorsque Paul ne devine juste qu'au second coup, la probabilité  $7/8$  qu'il se trompe au premier doit devenir certaine. Au 3<sup>e</sup> coup, la probabilité  $7/8 \times 6/7 = 3/4$  et au 7<sup>e</sup> coup la probabilité  $7/8 \times 6/7 \dots \times 2/3 = 1/4$  doivent devenir certaines. Est-ce que la valeur de la certitude est la même pour ces trois cas? Sans doute, d'Alembert croit que ces trois valeurs sont approximativement les mêmes, et qu'elles sont très proches de l'unité; mais rigoureusement parlant, il est probable que la valeur de la certitude du 3<sup>e</sup> cas est moindre que celle des deux premiers cas. On pourrait supposer que pour persuader aux lecteurs que tout au moins la valeur des deux premiers cas doit être égale à l'unité, d'Alembert ajoute la troisième question dans l'article. On pourrait dire qu'il accorde un double rôle à la 3<sup>e</sup> question: tout au moins la solution de la troisième est correcte; et, s'il en est ainsi, celle de la seconde aussi sera approximativement correcte. Voilà la raison pour laquelle nous pré-

tendons que cet article a été écrit intentionnellement et d'une façon très artificielle. Enfin comparons encore une fois le résultat obtenu par le calcul ordinaire avec celui qui découle du calcul de d'Alembert:

les probabilités suivant le calcul ordinaire	les probabilités suivant le calcul de d'Alembert
$1/8 = 1/8$	$1/8$
$1/8 = \boxed{7/8 \times 1/7}$	$1/7$
$1/8 = \boxed{7/8 \times 6/7 \times 1/6}$	$1/6$
.....	.....
$1/8 = \boxed{7/8 \times \dots \times 2/3 \times 1/2}$	$1/2$
$\longleftarrow$ la certitude $\longrightarrow$	$1/2$
la somme des probabilités	$1/8 + 1/7 + \dots + 1/2$
$7/8$	

Ne peut-on pas imaginer que d'Alembert ignorait le calcul ordinaire et qu'il se trompait dans ses considérations imprudentes? Nous répondrons: non. Car, s'il ignorait la théorie ordinaire et s'il pensait peu et tombait en erreur par imprudence, il croirait que ce qu'il a écrit n'était pas un simple doute, mais un calcul absolument juste qui pourrait renverser radicalement le calcul ordinaire des probabilités. Alors, pourquoi n'a-t-il pas écrit un autre mémoire exclusivement relatif à ce problème pour réfuter définitivement le calcul des probabilités? Quatre ans après la publication de cet article, il a répété ses doutes sur le calcul des probabilités dans son 52<sup>e</sup> mémoire, mais il n'y a rien écrit concernant ce sujet. L'article "Problème sur les cartes" lui a donné une autre preuve de douter que la certitude ne soit nécessairement égale à l'unité; mais il a compris que les résultats obtenus par ses considérations ne seraient qu'approximativement corrects.

### §1.8 *L'ignorance des causes et la probabilité*

Comme nous l'avons mentionné à la section §1.2, d'Alembert prétend aussi que toute la science des probabilités roule sur la théorie des combinaisons. En effet il applique correctement le calcul ordinaire aux problèmes autres que celui d'amener successivement les mêmes événements. Il traite correctement le problème de jeter  $m$  pièces toutes ensemble en une seule fois: il est possible qu'on amène 100 croix par un seul coup de 100 pièces dont la probabilité est  $1/2^{100}$ . Le calcul ordinaire regarde ce problème comme équivalent au problème de jeter  $m$  fois une pièce. Mais selon d'Alembert on ne peut jamais amener croix cent fois de suite. Donc il réfute l'équivalence de ces deux problèmes dans son 27<sup>e</sup> mémoire:

"Je suis bien éloigné de croire avec le commun des Analystes que ce soit le même de jeter une pièce en air  $m$  fois de suite ou de jeter  $m$  pièces toutes ensemble

une fois. . . . Il est peut-être plus possible, physiquement parlant, d'amener à la fois le même événement répété, que de l'amener successivement. . . . Dans le premier cas, c'est une seule et même cause qui agit à la fois pour produire  $m$  effets; dans le second, c'est une cause répétée qui agit successivement pour produire  $m$  effets successifs. Or il est peut-être plus possible, tout le reste étant d'ailleurs égal que les effets soient semblables dans le premier cas que dans le second cas. . . . Je sais bien qu'en Mathématique, on fait abstraction et avec raison, de toutes ces différences physiquement possibles, et c'est pour cela que les deux cas sont considérés comme étant les mêmes mathématiquement; mais dans le calcul des combinaisons appliquée aux événements physiques, il s'agit de bien distinguer ce qui est physiquement possible d'avec ce qui ne l'est pas; et c'est une attention qu'on n'a pas assez faite jusqu'à présent dans l'analyse de jeu" (pp. 287-289).<sup>21</sup>

Le raisonnement de d'Alembert semble très sophistiqué. Cependant il doit maintenant penser plus profondément qu'auparavant aux causes d'un événement. Dans le 52<sup>e</sup> mémoire il veut déduire la dépendance des coups d'une pièce de la nouvelle façon suivante: (1) Le nombre des manières d'amener croix est, au début, égal à celui d'amener pile. Supposons que ce nombre soit  $n$ . (2) Si croix arrive deux fois de suite, on devra exclure ces deux manières pour le coup suivant; donc la probabilité d'amener croix au 3<sup>e</sup> coup sera  $(n - 2)/(2n - 2)$ .

Nous pourrions interpréter sa pensée comme suit: La cause qui amène croix ou pile est complexe et composée d'un certain nombre de petites causes qu'on ne peut régler. (Supposons que l'impossibilité de faire appel à la même cause pour les coups successifs démontre l'impossibilité de la régulation de petites causes.) Nous ne savons pas si l'idée des causes qu'on ne peut régler est équivalente à l'idée de l'ignorance des causes, mais d'Alembert finit par écrire dans le même mémoire: "Comme tout est lié dans l'ordre des choses, nous pourrions, si nous connaissons la loi de l'enchaînement des causes et des effets, deviner et prédire ce qui arrivera à chaque coup, si ce sera croix ou pile; dans l'ignorance où nous sommes du secret de la nature, nous ne pouvons dire précisément si ce sera pile ou croix" (p. 48).<sup>22</sup>

De là partira la pensée de Laplace; mais Laplace se délivrera dès le début du cauchemar de la certitude absolue de d'Alembert. Alors, qui répondra fidèlement aux doutes de d'Alembert? Ce sera son disciple, le Marquis de Condorcet, qui était comme lui un philosophe et un mathématicien.

D'Alembert cite Buffon et Béguelin comme ses défenseurs qui lui ont répondu aimablement, et Necker et D. Bernoulli comme ses adversaires. Il semble que ses adversaires aient généralement gardé le silence envers ses objections, car les doutes de d'Alembert sont entourés des considérations philosophiques qu'il n'exposait pas clairement, parce qu'il voulait rester mathématicien dans la plupart de ses mémoires. Todhunter le remarque, en citant ce que Gouraud a écrit: "Quant au reste des mathématiciens, ce ne fut par le silence ou le dédain qu'il répondit aux doutes que d'Alembert s'était permis d'émettre. Mépris injuste et malhabile où tout le monde avait à perdre et qu'une postérité moins prévenue ne devait point

sanctionner” (p. 293).<sup>36</sup> Malgré Gouraud et Todhunter, nous montrerons dans la 2<sup>e</sup> partie comment Condorcet a répondu prudemment et fidèlement aux doutes de d’Alembert.

## 2<sup>e</sup> Partie—La réponse de Condorcet aux doutes de d’Alembert concernant le calcul des probabilités

### §2.1 Introduction

Il est connu que Condorcet s’intéressait au calcul des probabilités longtemps avant la mort de d’Alembert. En 1772 il a déjà écrit une lettre à Turgot: “Je m’amuse à calculer les probabilités. Je ferai un petit livre sur cet objet, d’où il résultera, à ce que j’espère, que nous savons peu de choses sur cette matière. Je suis au fond de l’avis de M. D’Alembert et nous ne différons que sur quelques détails” (p. 6).<sup>37</sup> Cependant il n’a publié aucun mémoire sur ce sujet jusqu’à la mort de d’Alembert. Peut-être, est-ce par le respect envers son maître que Condorcet s’est retenu de publier ses opinions.

En 1784, l’année suivant celle de la mort de d’Alembert, il a écrit dans *l’Encyclopédie Méthodique* quelques suppléments d’articles concernant le calcul des probabilités, dont le plus important pour connaître ses pensées est celui de “Probabilité”.<sup>38</sup> Puis ses principales œuvres sur le calcul des probabilités se sont succédées durant plusieurs années. De 1784 à 1787, il a présenté six mémoires à l’Académie Royale des Sciences de Paris, qui ne contiennent cependant aucune nouveauté notable de calcul.<sup>37-31</sup> En même temps il a publié en 1785 un autre ouvrage “*Essai sur l’analyse à la probabilité des décisions... . . .*”<sup>32</sup> Enfin son dernier ouvrage “*Eléments du calcul des probabilités... . . .*” qui devait paraître vers 1787 en appendice aux *Lettres d’Euler à une Princesse d’Allemagne* a été publié en 1805 comme un ouvrage posthume.<sup>33</sup>

Montucla suggère que “Condorcet a appuyé quelques objections de d’Alembert dans plusieurs articles de l’*Encyclopédie Méthodique ou par ordre de matière*” (p. 406),<sup>34</sup> mais Todhunter conclut par l’observation superficielle: “Il me semble qu’il n’y ait aucun fondement d’exposer que Condorcet appuie l’objection de d’Alembert” (p. 293).<sup>35</sup> Au contraire Granger, citant la lettre susdite, écrit attentivement: “D’Alembert et Condorcet s’entendent surtout sur une position négative; Condorcet comme d’Alembert appelle de ses voeux une révision des notions fondamentales du Calcul. Il s’agira quant au Marquis, de rendre la théorie des Hasards plus propre à décrire les données aléatoires de la conduite” (p. 6).<sup>36</sup> Et, Granger souligne que “la similitude de points de vue entre Condorcet et d’Alembert concerne essentiellement la révision du concept pascalien d’Espérance mathématique” (p. 6).<sup>37</sup> Non seulement il suit l’opinion de d’Alembert sur l’espérance mathématique, mais encore, en inventant le concept de “motif de croire” pour décrire les données aléatoires de la conduite, il veut répondre prudemment à la proposition de d’Alembert que le même événement ne peut arriver physiquement parlant un grand nombre de fois de suite, tant qu’on supposera les choses abandonnées au hasard.

### §2.2 Sur l'espérance mathématique

A la fin de son 27<sup>e</sup> mémoire des “*Opusc. Math.*.” d'Alembert résume ses doutes sur l'espérance: “La probabilité  $1/m$  est à la probabilité  $1/n$  comme  $np$  écus est à  $mp$  écus. J'en conviens; donc  $1/m \times mp$  écus =  $1/n \times np$  écus; J'en conviens encore; donc l'espérance, ou ce qui est la même chose, le sort d'un Joueur qui aura la probabilité  $1/m$  de gagner  $mp$  écus, sera égale à l'espérance, au sort d'un Joueur qui aura la probabilité  $1/n$  de gagner  $np$  écus. Voilà ce que je nie; je dis que l'espérance est plus grande pour celui qui a la plus grande probabilité, quoique la somme espérée soit moindre, et qu'on ne doit pas balancer de préférer le sort d'un Joueur qui a la probabilité  $1/2$  de gagner 1000 écus, au sort d'un Joueur qui a la probabilité  $1/2000$  de gagner 1000000 écus” (p. 308).<sup>21</sup> Et, d'Alembert finit par douter que l'espérance totale ne soit la somme des espérances partielles.

En considérant les doutes de d'Alembert, Condorcet se met à expliquer l'espérance mathématique tout autrement que lui. Dans l'article “Probabilité”<sup>22</sup> Condorcet définit abstrairement la valeur moyenne des événements: “Supposons que nous ayons plusieurs événements  $A, A', A'' \dots$  dont les probabilités soient  $p, p', p'' \dots$  et que  $e, e', e'' \dots$  représentent les valeurs ou les effets de ces événements, effets ou valeurs qu'on suppose du même genre; la valeur moyenne de l'événement  $A$  sera exprimée par  $pe/(p + p' + p'' + \dots)$ ; celle de l'événement  $A'$  par  $p'e'/(p + p' + p'' + \dots)$  et celle de l'événement  $A''$  par  $p''e''/(p + p' + p'' + \dots)$  et la valeur moyenne des événements ou de l'événement quelconque qui arrivera nécessairement sera  $(pe + p'e' + p''e'' + \dots)/(p + p' + p'' + \dots)$ , les valeurs de  $e, e', e'' \dots$  pouvant être de différents signes.” Si l'on donne le gain ou la perte pour la valeur de chaque événement, on aura la définition de l'espérance totale ou partielle.

Tous les concepts mathématiques ont au départ un sens clair et simple. Dans l'histoire du calcul des probabilités l'espérance mathématique a été inventée pour mesurer le sort du joueur. On a cru que l'égalité des espérances est la condition nécessaire et en même temps suffisante pour jouer au pair. D'Alembert a insisté sur ce sens originel de l'espérance. Cependant on trouve souvent qu'un concept mathématique, qui était simple et clair dans sa forme primitive, perd sa simplicité et sa clarté dans le développement de son calcul, et se transforme en un concept plus abstrait et plus compliqué; et les mathématiciens savent bien qu'ils ne doivent nier les mathématiques du fait que leurs concepts élémentaires perdent leur sens primitif par la généralisation qu'impose le développement du calcul mathématique. Condorcet savait bien la nature de la généralisation mathématique. Donc il n'a plus insisté sur le sens pascalien d'espérance mathématique. Il pense que l'espérance ne représente que la valeur moyenne des gains espérés des joueurs. Ainsi tous les doutes que propose d'Alembert, même celui sur l'addition des espérances partielles disparaissent, et maintenant il ne lui reste qu'à examiner l'applicabilité de l'espérance aux jeux de hasard: “Aussi, dit-il, ce n'est point contre cette règle en elle-même, mais contre l'usage qu'on peut en faire qu'il s'est élevé des objections.”<sup>23</sup>

Quand deux hommes  $A$  et  $B$  jouent ensemble, avec les conditions telles que

*A* a une probabilité  $p$  de gagner une somme  $s$  et *B* une probabilité  $p'$  de gagner la même somme, la valeur moyenne de gain de *A* sera égale à  $ps$ , et celle de *B*, égale à  $p's$ . Si la somme  $s$  doit être fournie par *A* et *B*, et qu'on demande dans quelle proportion ils doivent la fournir pour jouer à jeu égal, Condorcet répondra suivant le calcul ordinaire que chacun doit donner une somme égale à son espérance, c'est-à-dire la valeur moyenne de son gain. Mais Condorcet veut nier l'équivalence de "l'état des deux joueurs" ou du "sort des joueurs", ce qui est en accord avec la position de d'Alembert:

"Ce n'est pas, dit-il, que l'état des deux joueurs soit semblable; car le joueur *A*, après le jeu, aura une somme  $p's$  de gain ou une somme  $ps$  de perte, et le joueur *B* une somme  $ps$  de gain,  $p's$  de perte, en sorte que leur état est essentiellement différent, excepté lorsque l'on a  $p = p'$ ".<sup>28</sup> Rigoureusement parlant, Condorcet distingue le sort des joueurs de leur état, et il conclut que le sort de *A* et de *B* n'est pas égal, même si l'on suppose  $p = p'$ , mais il n'est pas nécessaire pour nous de les distinguer l'un de l'autre. Reconnaissions seulement que, tant que la probabilité de gagner n'est pas égale pour les deux joueurs, leur sort ou leur état n'est plus semblable pour Condorcet, quoique leur espérance soit la même. Cette conclusion est plus sévère que l'objection de d'Alembert.

Alors, pourquoi *A* et *B* consentent-ils à jouer sous les conditions telles que *A* fournit  $ps$  écus à la mise et *B*,  $p's$  écus? Condorcet veut chercher entre l'état de chaque joueur la plus grande égalité que la nature des choses puisse permettre: "Or, dit-il, ici cette égalité ne peut s'établir qu'en supposant le jeu répété un grand nombre de fois."<sup>29</sup> Si *A* et *B* répètent un grand nombre de fois le jeu, *A* gagnera en moyenne  $ps$  écus et *B*,  $p's$  écus. Donc ni *A* ni *B* ne tireront aucun profit de ces jeux.

C'est de ce point de vue qu'il prétend l'inapplicabilité de l'espérance au problème de Pétersbourg. Il est absurde qu'avant de jouer le jeu de Pétersbourg, l'un des joueurs *B* doit donner une somme infinie à l'autre joueur *A* comme espérance. "Mais, dit-il, on peut observer que le cas qui devient le plus probable, en supposant que l'on continue le jeu, ne peut avoir lieu ici, à moins qu'on ne suppose le jeu répété un nombre infini de fois." De plus, un jeu peut contenir un nombre infini de coups. D'où Condorcet conclut: "Ce n'est donc pas la règle qui est en défaut, mais l'application de la règle à un cas que l'on présente comme réel, et qui cependant ne peut l'être, puisqu'il suppose la réalité d'une somme infinie, d'un nombre infini de coups dans chaque partie, et d'un nombre infini de parties."<sup>29</sup>

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce mémoire, d'Alembert remarque que le problème n'est pas résolu raisonnablement, bien qu'on limite le nombre de coups dans une partie, car la somme que *B* devrait donner à *A* est encore telle, dans le cas d'un grand nombre de coups, qu'aucun homme raisonnable ne voudrait risquer de la donner. Condorcet a approuvé aussi cette objection de d'Alembert, et il nous a laissé un calcul détaillé:

Il suppose que chaque partie soit limitée à 14 coups, et que *A* paie 1 si pile

arrive le premier coup, 2 s'il arrive le second,  $2^{13}$  s'il arrive le 14<sup>e</sup>, et  $2^{14}$  s'il n'arrive pas du tout. La mise, c'est-à-dire la somme que *B* doit donner sera 8. On aura  $7/8$  pour la probabilité que *A* gagnera,  $1/16$  pour la probabilité qu'il n'y aura ni perte ni gain, et  $1/16$  pour celle que *B* gagnera. Il est possible que *B* gagne 16376, mais la probabilité de ce gain ne sera que  $1/16384$ . Au contraire *A* aura une probabilité  $15/16$  de ne pas perdre, mais il ne pourra gagner que 7 dans le cas le plus favorable, tandis qu'il pourra perdre jusqu'à 16376. Et voici la conclusion de Condorcet: "On voit donc qu'il y a une très-grande inégalité entre les positions de *A* et de *B* en ne considérant qu'un seul coup, et que non seulement il y a des circonstances où ni l'un ni l'autre ne doivent vouloir consentir à changer l'état où ils sont avant le jeu contre celui qui résulte de cette convention. . ."<sup>26</sup> Ce calcul détaillé est répété dans un mémoire présenté à l'Académie Royale des Sciences.<sup>27</sup>

Il est certain selon Condorcet que l'espérance mathématique est la meilleure méthode approximative pour savoir le sort des joueurs, mais en même temps il lui semble qu'elle reste fort insuffisante surtout pour les jeux singuliers tels que le problème de Pétersbourg. Condorcet reconnaît la nécessité de suppléer le simple calcul de l'espérance par un autre calcul détaillé, dont il était fier et dont il estimait tant l'importance qu'il se décida à l'exposer à l'Académie.

Son opinion sur l'espérance ne change point dans ses "*Eléments du calcul des probabilités*".<sup>28</sup> Depuis longtemps il réfléchissait sur le fondement du calcul des probabilités, sans rien publier à ce sujet. Donc, une fois qu'il s'était décidé à l'écrire, il n'avait plus besoin de réviser son opinion. Cependant, à vrai dire, il en donna une exposition un peu différente dans son livre "*Eléments . . .*", parce que cet ouvrage avait pour but d'enseigner aux débutants le calcul des probabilités. D'abord Condorcet y donne une description historique du concept d'espérance qu'il définit au sens pascalien. Puis il signale que l'espérance pascalienne s'est heurté à une grande difficulté dans le problème de Pétersbourg. Ainsi, en réfléchissant sur l'espérance, il trouve que l'espérance ne signifie que la valeur moyenne du gain du joueur. Et enfin il remarque qu'on doit distinguer deux espèces de valeurs moyennes.

Suivant Condorcet "les premières sont destinées à représenter une valeur déterminée qui est inconnue et dont il s'agit d'avoir une valeur aussi approchée qu'il est possible, pour l'emplacer à la place de la valeur vraie" (p. 107).<sup>29</sup> Voici un exemple: on donne la valeur moyenne des heures observées par plusieurs montres pour déterminer l'heure vraie. Cependant il y a une autre espèce de valeur moyenne: "Si l'on prend, dit-il, la valeur moyenne de la durée de la vie d'un homme d'un âge donné, on n'a qu'une très petite probabilité que cette valeur exprime la durée réelle d'un individu donné" (pp. 108–109).<sup>30</sup> Cette fois-ci, "il y a plusieurs valeurs déterminées possibles et différentes entre elles, et la valeur moyenne cherchée n'est pas regardée comme une valeur approchée, mais seulement comme une valeur équivalente dans certaines circonstances, quand même on serait sûr qu'elle ne

peut être égale à la vraie valeur, ni même en approcher; dans ce cas la vraie valeur est une de celles entre lesquelles on prend la valeur moyenne” (p. 108).<sup>33</sup> Condorcet conclut que l’espérance appartient à la seconde espèce et que de là provient la difficulté de l’espérance, quand on veut l’appliquer uniformément à tous les jeux de hasard.

La comparaison des deux espèces de valeurs moyennes était admirable pour montrer aux lecteurs la nature de l’espérance mathématique. Condorcet a examiné les doutes de d’Alembert concernant l’espérance mathématique, et il les a presque tous approuvés, mais sa réponse était excellente. Il comprenait bien ce qu’on doit faire, quand on rencontre de grandes difficultés qui ont été introduites par le développement du calcul mathématique. Premièrement il a donné à l’espérance une définition généralisée. Deuxièmement pour suppléer l’insuffisance de l’espérance, il a donné un calcul détaillé du problème modifié de Pétersbourg.

### §2.3 *Sur le nouveau concept “motif de croire”*

Supposons que dans un coup il arrive nécessairement un événement  $A$  dont la probabilité est  $p$ , ou un autre événement  $N$  contradictoire à  $A$  et dont la probabilité est  $q$ , et calculons la probabilité qu’on amène dans  $(t + t')$  coups l’événement  $A$ ,  $t$  fois et l’événement  $N$ ,  $t'$  fois. En supposant l’indépendance des coups successifs, on obtiendra suivant le calcul ordinaire des probabilités:

$$\frac{(t+t')!}{t! t'} p^t q^{t'}$$

lequel est un terme du binôme  $(p+q)^{t+t'}$

En réfléchissant sur le problème de Pétersbourg, d’Alembert doute de ce principe généralement approuvé. Selon lui, il est possible, mathématiquement parlant, de regarder les coups successifs comme indépendants, mais physiquement parlant, le même événement n’arrive jamais un grand nombre de fois de suite. Il en déduit que physiquement parlant il est faux d’énumérer toutes les combinaisons et de les regarder toutes comme également probables. D’Alembert résume ses doutes sur l’indépendance des coups successifs à la fin de son 27<sup>e</sup> mémoire: “Le nombre des combinaisons, dit-il, qui amène tel cas est au nombre des combinaisons qui amène tel autre cas comme  $p$  est à  $q$ . Je conviens de cette vérité qui est purement mathématique; donc, conclut-on, la probabilité du premier cas est à celle du second comme  $p$  est à  $q$ . Voilà ce que je nie ou du moins de quoi je doute fort; et je crois que si, par exemple,  $p = q$ , et que dans le second cas le même événement se trouve un très grand nombre de fois de suite, il sera moins probable physiquement que le premier, quoique les probabilités mathématiques soient égales” (p. 308).<sup>21</sup>

Qu’en pense Condorcet? Est-il de l’avis de d’Alembert sur cette objection? A première vue Condorcet réfute l’objection de d’Alembert, parce que pour considérer le problème de Pétersbourg, il suit constamment le calcul ordinaire, et il réussit à démontrer l’inapplicabilité de l’espérance mathématique à ce problème. Même dans son calcul sur le problème modifié de Pétersbourg où il limite le nombre

de coups, il approuve le calcul ordinaire. De plus, il faut dire que la plus grande difficulté de l'espérance se trouvait dans le problème de Pétersbourg. Donc, maintenant Condorcet n'a plus besoin de restreindre l'application du calcul ordinaire. Cependant, peut-on conclure à la légère que Condorcet approuve physiquement l'indépendance des coups successifs?

Il faut remarquer que d'Alembert lui-même a approuvé mathématiquement l'indépendance des coups successifs. Nous pourrions dire que malheureusement d'Alembert a dû appliquer son espérance exclusivement aux jeux physiquement possibles, parce qu'il a défini physiquement l'espérance, adoptant la définition pascalienne. Condorcet au contraire a donné une nouvelle définition généralisée de l'espérance: il l'a définie mathématiquement. Alors, nous pourrions dire que heureusement Condorcet a dû appliquer son espérance à tous les jeux mathématiquement possibles, supposé qu'ils soient physiquement impossibles. Aussi, pour être l'adversaire de d'Alembert, Condorcet a-t-il dû le déclarer explicitement, mais il ne l'a pas fait. Il n'a jamais cité le nom de son maître dans ses œuvres concernant le calcul des probabilités. Tout au moins il faudrait dire que Condorcet se retenait avec prudence de juger d'Alembert, bien qu'il ait pensé que l'opinion de ce dernier était fausse.

Il y a eu à cette époque-là quelques mathématiciens qui étaient en accord avec d'Alembert. Par exemple, pour approuver la dépendance des coups successifs qu'avait formulée d'Alembert, Béguelin a supposé qu'il y avait dans la nature "des causes continuellement agissantes qui tendent à en changer l'état à chaque instant, et qui ne permettent pas que le même événement arrive un grand nombre de fois de suite" (p. 407).<sup>25</sup> De plus, il est sûr qu'on ne peut démontrer rigoureusement par l'expérience ni la dépendance ni l'indépendance des coups successifs. Et, c'est ainsi que d'Alembert a voulu demander le secours de la philosophie pour défendre son opinion. On doit reconnaître qu'il n'était pas si facile de réfuter l'objection de d'Alembert. Alors il faut se demander finalement: si l'on suppose que Condorcet se soit retenu de réfuter la dépendance des coups successifs qu'avait proposée d'Alembert, ne pourrait-t-on pas trouver dans la théorie de Condorcet quelque autre réponse adressée à d'Alembert?

Nous examinerons le fondement du calcul des probabilités que Condorcet expose dans son ouvrage "*Eléments . . .*" Il distingue d'abord la probabilité absolue de la probabilité moyenne: "On dit également: Il y a cinq à parier contre un que telle chose arrivera, soit que l'on parle d'un événement dont la probabilité est  $5/6$ , comme lorsque jetant un dé de six faces, cet événement est de ne pas amener un tel nombre de points déterminés, ou bien de ne pas amener un doublet au tric-trac; soit qu'on parle d'un événement que l'on sait être arrivé 5 fois contre un dans  $r$  événements comme lorsqu'on dit qu'il y a 5 à parier contre un qu'un homme de 47 ans vivra au delà de 54. Il est aisément de voir que l'on désigne par la même expression deux choses non seulement différentes par leur nature, mais inégales entre elles, puisque dans le premier cas, la probabilité est réellement  $5/6$ , et qu'il s'agit d'une

probabilité absolue, tandis que dans le second cas c'est une probabilité moyenne que l'on obtient, et elle est exprimée par  $(5r + 1)/(6r + 2)$ , quantité plus petite que  $5/6$ . Cette expression ne peut être admise dans le langage que dans le cas où  $r$  est très grand, les deux probabilités sont sensiblement égales, et elle ne s'y est introduite que par la raison qu'avant de savoir calculer les probabilités de cette dernière espèce, on supposait, lorsqu'on voulait calculer d'après les événements passés la probabilité des événements futurs, qu'il observeraient entre eux le même ordre" (pp. 78-79).<sup>33</sup>

L'idée de la probabilité moyenne a été introduite dans le calcul en 1764 par le théorème de Bayes qui estime les probabilités des causes par lesquelles les événements observés pouvaient être arrivés. Le théorème de Bayes a été développé en 1774 par Laplace, et Condorcet lui-même en a publié un mémoire dans *l'Hist. de l'Acad. Roy. des Sci.*<sup>30</sup> Il faut dire que pour démontrer le théorème de Bayes, on doit user un terme du binôme  $(p + q)^{t+t'}$  pour représenter la probabilité des coups successifs. Donc, il est clair que selon d'Alembert ces deux espèces de probabilités se rattachent aux événements mathématiquement possibles mais physiquement impossibles. Condorcet, en exposant ces deux espèces de probabilités, déclare avec intention que jusque-là il ne considérait que les idées absolument abstraites dans le calcul des probabilités, comme s'il ne voulait ni affirmer ni nier leur possibilité physique.

Condorcet définit ensuite son nouveau concept "motif de croire". Si l'on répète un certain nombre de fois le jugement qu'un tel événement arrivera, et si le rapport du nombre des jugements vrais divisé par le nombre total dépasse  $1/2$ , Condorcet dira qu'on a le motif de croire que l'événement aura lieu.

Granger admire que Condorcet distingue trois aspects de la notion de probabilité: "la probabilité abstraite a priori, la probabilité fréquence et la probabilité comme estimation subjective de la valeur d'un pari" (p. 68).<sup>37</sup> Et il conclut: "Condorcet a clairement saisi les rapports d'un sens mathématique et d'un sens psychologique de l'aléatoire. La technique des probabilités telle qu'il la conçoit est donc essentiellement, prise en son ensemble, une Stochastique, un Ars conjectandi, qui se fonde sur une combinatoire des possibles sans jamais s'y absorber tout à fait" (p. 72).<sup>37</sup> Mais, ce que Condorcet écrit est souvent assez compliqué et même obscur. On doit l'examiner minutieusement.

D'un côté, Condorcet insiste sur la subjectivité de ce motif de croire: "Il paraît, dit-il, qu'on doit regarder ce motif qui nous porte à croire comme un sentiment, comme une suite nécessaire de la constitution d'un être sensible. Ce qui semble le prouver en quelque sorte, c'est que la force de ce motif dépend non seulement de la constance et par conséquent de la répétition plus fréquente des mêmes impressions d'où résulte une plus grande probabilité, mais aussi de l'intensité de ces impressions quoiqu'elle n'affue pas sur la probabilité. La raison et l'expérience paraissent nécessaires pour nous instruire à nous défendre contre cette force, lorsqu'elle tient à l'intensité des impressions, de même que la raison et l'espérance nous apprennent à ne pas juger, à ne pas nous conduire d'après des sensations trom-

peuses" (p. 89).<sup>33</sup> Ce paragraphe nous fait douter de ce que Condorcet veuille y faire un reproche à d'Alembert. N'est-ce pas l'illusion de d'Alembert de croire la dépendance des coups successifs dans le problème de Pétersbourg? Est-ce que d'Alembert est trompé sur l'intensité de ses impressions qui n'influe pas sur la probabilité? Tout au moins Condorcet pourrait reprocher à d'Alembert de son imprudence, mais il ne le juge pas.

De l'autre côté, Condorcet démontre les trois propositions suivantes pour identifier ce motif de croire avec la probabilité mathématiquement définie: "Premièrement, si la probabilité  $p$  qui donne  $A$  surpassé la probabilité  $q$  qui donne  $N$ , il y a lieu de croire que l'événement  $A$  arrivera plutôt que de croire qu'il n'arrive pas. Secondement, ce motif de croire est d'autant plus grand que la probabilité  $p$  est aussi plus grande, et approche de l'unité. Troisièmement, ce motif de croire augmente proportionnellement à cette même probabilité  $p$ . "Il démontre d'abord que la 3<sup>e</sup> proposition dépend de la vérité des deux premières, et ensuite que la vérité de la 2<sup>e</sup> proposition dépend encore de la vérité de la première. Enfin il démontre la première: de quelque peu que  $p$  excède  $q$ , on aura encore un motif de juger que  $A$  aura lieu plutôt que  $N$ . Nous remarquons que dans les trois démonstrations Condorcet a employé aussi les termes du binôme  $(p + q)^{t+t'}$  pour représenter les probabilités des coups successifs.

Dans le monde où nous habitons, les événements ont leurs probabilités de se réaliser. Cette probabilité est une mesure objective. Au point de vue de l'épistémologie, l'homme doit estimer la probabilité par lui-même. C'est le motif de croire qui est la probabilité évaluée par l'homme. En ce sens, le motif de croire et la probabilité sont différents sur leur nature. Celui-là concerne le sujet qui reconnaît le monde extérieur, et celle-ci concerne le monde extérieur lui-même. Heureusement, on a réussi à trouver la valeur de la probabilité mathématique à l'aide de la théorie des combinaisons, en supposant que dans la nature un événement soit indépendant des mêmes événements qui le précèdent successivement. Mais, que fera-t-on pour trouver la valeur numérique du motif de croire qui n'est que l'évaluation subjective de la probabilité? Malgré tout il faut lui donner quelque valeur, pour que Condorcet en parle dans ses œuvres mathématiques. Alors, il n'y aurait d'autres méthodes que de représenter le motif de croire comme une fonction de la probabilité. C'est ainsi que Condorcet expose trois propositions sur le motif de croire dans lesquelles il veut montrer qu'à l'une de ses extrémités le motif de croire peut être en accord avec la probabilité de l'événement sous la condition que l'événement est indépendant des mêmes événements qui le précèdent successivement. A l'autre extrémité, le motif de croire ne représente que l'évaluation subjective qui ne dépend pas de la probabilité réelle, mais de l'intensité des impressions qu'on ne peut calculer.

Ainsi on peut regarder que ces trois propositions et cette description sur sa subjectivité ne déterminent que les deux extrémités du motif de croire. Il est sûr qu'en inventant le nouveau concept de "motif de croire", Condorcet veut répondre

aux doutes de d'Alembert, mais il faut dire que le motif de croire est encore une notion très obscure. Il n'est défini qu'aux deux extrémités entre lesquelles on pourrait supposer librement quelques ordres hypothétiques.

Condorcet voulait établir la mathématique sociale. Cela veut dire qu'il supposait la vaste applicabilité du calcul ordinaire des probabilités. Mais, comme il est impossible de démontrer rigoureusement son applicabilité, il semble que Condorcet ne voulût ni déclarer sa croyance ni réfuter explicitement l'opinion de d'Alembert. Donc, malgré l'invention du nouveau concept de "motif de croire", Condorcet ne peut répondre que peu de choses à d'Alembert: il démontre seulement que si les phénomènes que d'Alembert nomme "mathématiquement possibles" ont lieu dans le monde physique, on le reconnaîtra avec exactitude par le motif de croire. Et, quant aux autres phénomènes, ceux que d'Alembert nomme "physiquement possibles", il n'en dit rien. Tout ce que nous en connaissons, c'est que, s'ils existent, on les reconnaîtra aussi par le motif de croire, mais que dans ces cas il est douteux que le motif de croire soit proportionnel à la probabilité réelle.

Après avoir exposé les trois propositions concernant la proportionalité du motif de croire à la probabilité et la subjectivité de ce motif, Condorcet distingue deux ordres de vérités que donne le calcul des probabilités: "Nous voyons, dit-il, que le calcul des probabilités nous offre deux ordres de vérités bien distinctes. Les premières sont des vérités purement mathématiques. Telles sont celles-ci: la probabilité réelle de tel événement est égale à telle fraction de l'unité; la probabilité de tel événement déduite de l'observation d'événements du même genre, est exprimée par telle formule. Les secondes sont des vérités réelles et physiques, telles que celles-ci: l'événement *A* ayant une probabilité plus grande que l'événement *N*, je dois juger que le premier arrivera plutôt que l'autre; je dois me conduire plutôt en supposant qu'il doit arriver, qu'en supposant que l'événement contraire aura lieu" (p. 90).<sup>33</sup>

Il est clair que les vérités mathématiques, proviennent de la probabilité absolue ou moyenne et que les vérités physiques, du motif de croire. Mais, pourquoi faut-il les distinguer? Si le motif de croire est tout à fait proportionnel à la probabilité absolue ou moyenne, il ne sera pas nécessaire de distinguer entre vérités mathématiques et vérités physiques. Si l'on insiste sur la subjectivité du motif de croire, ce motif ne pourra être proportionnel à la probabilité réelle, et en même temps les vérités physiques étant conduites par ce motif ne méritent pas de s'appeler les vérités.

La probabilité absolue et la probabilité moyenne qui donnent les vérités mathématiques sont déduites de l'hypothèse qu'un événement est indépendant des mêmes événements qui le précèdent successivement. Donc, suivant d'Alembert, les vérités mathématiques de Condorcet sont de fausses vérités qu'on tire de faits qui ne sont que mathématiquement possibles et par conséquent physiquement impossibles. En outre nous savons que la susdite hypothèse étant réalisée, le motif de croire sera proportionnel à la probabilité réelle. Donc, si les vérités physiques doivent être distinguées des vérités mathématiques, celles-là ne pourront suivre la

susdite hypothèse. Il paraît que Condorcet, en proposant les vérités physiques, veut se réconcilier avec d'Alembert. Il est peu probable que Condorcet croit comme ce dernier que dans le jeu de hasard un coup dépende des coups précédents. Mais on devrait dire que Condorcet hésite à réfuter l'objection de d'Alembert, et qu'il veut laisser quelques terrains d'entente entre eux, à cause de la difficulté de démontrer rigoureusement l'indépendance des coups successifs par l'expérience et de l'insuffisance de la probabilité pour permettre de choisir un parti.

En effet, bien que dans *l'Encyclopédie Méthodique* la distinction entre deux ordres de vérités soit absente, Condorcet laisse pour elle un manuscrit inachevé, intitulé "Vérité (Calcul des probabilités)"<sup>27</sup> dans lequel il examine le cas où l'on est porté à la certitude, c'est-à-dire le cas où le nombre des combinaisons qui produirait un événement surpasserait beaucoup celui des combinaisons qui ne l'amènent pas. Il propose "deux cas différents où la supériorité de la probabilité de l'événement est tellement grande qu'on peut en quelque sorte négliger dans sa conduite ou dans ses raisonnements la probabilité de l'événement contraire, ou bien l'on doit avoir égard à cette probabilité contraire." Pour appuyer le premier cas, il considère particulièrement le cas où l'on peut connaître la probabilité avec quelque rigueur, mais où l'on est obligé de choisir un parti. Le cas où l'on est porté à la certitude, correspondra au cas où l'uniformité singulière d'événements arrive dans la nature. D'Alembert écrit que "toute uniformité singulière d'événements annonce une cause". De même, Condorcet pense que le motif de croire permet de juger et d'atteindre la certitude physique.

Il est clair que Condorcet voulait répondre aux doutes de d'Alembert par l'invention du nouveau concept de "motif de croire" et par la distinction entre vérités physiques et vérités mathématiques. Le concept de motif de croire est encore vague et obscur, mais il était très fier de son invention. En effet, ayant exposé les trois propositions et la subjectivité du motif de croire, il a écrit: "Cette théorie métaphysique qui ne pouvait être connue avant la découverte du calcul des probabilités, offre la seule réponse solide que l'on puisse faire aux subtilités de pyrrhonisme. En effet elle prouve que la difficulté de démontrer l'impossibilité rigoureuse de se tromper dans ses jugements, ne doit pas détruire nos motifs de croire; et que, de plus, ces motifs loin d'être tout à fait incertains lorsque nous ne pouvons atteindre à la certitude absolue, sont susceptibles d'être soumis à une mesure précise et calculée" (p. 89).<sup>28</sup>

Les subtilités de pyrrhonisme ne sont-elles pas les doutes et les objections de son maître, d'Alembert? Condorcet pénétrait les idées de d'Alembert, et il s'est abstenu prudemment de les réfuter. Ses réponses étaient encore vagues et même obscures, mais il demeurait le seul et vrai disciple de son maître, et malgré son opposition il aurait pu écrire: "Je suis au fond de l'avis de M. d'Alembert, et nous ne différons que sur quelques détails."

Je remercie Monsieur René Taton, directeur du Centre Alexandre Koyré,

de son encouragement. Cette étude a été accomplie à Paris sur son conseil.

### Références

- (a) Quelques articles de l'*Encyclopédie concernant les jeux et le calcul des probabilités*.
  - (1) Absent: tome 1, pp. 40–41 (1751).
  - (2) Avantage: tome 1, p. 862 (1751).
  - (3) Bassette: tome 2, p. 122 (1752).
  - (4) Franc-Carreau: tome 2, p. 702 (1752).
  - (5) Combinaison: tome 3, pp. 663–664 (1753).
  - (6) Croix ou Pile: tome 4, pp. 512–513 (1754).
  - (7) Dé: tome 4, pp. 647–648 (1754).
  - (8) \*Espérance: tome 5, pp. 970–971 (1755).
  - (9) Gageure: tome 7, pp. 420–421 (1757).
  - (10) \*Jeu: tome 8, pp. 531–541 (1765).
  - \*Jeu de Hasard: tome 8, p. 538 (1765).
  - (11) \*Jouer: tome 8, pp. 884–888 (1765).
  - (12) Loterie: tome 9, p. 694 (1765).
  - (13) Pari: tome 11, p. 942 (1765).
  - (14) \*Probabilité: tome 13, pp. 393–400 (1765).
  - (\*) D'Alembert n'a pas écrit ces articles.
- (b) Les mémoires de d'Alembert concernant le calcul des probabilités et son application à l'inoculation de la petite vérole, y compris un mémoire de D. Bernoulli.
  - (15) Essay d'une nouvelle analyse de la mortalité causée par la petite vérole et des avantages de l'inoculation pour la prévenir (par Bernoulli): *Hist. de l'Acad. Roy. des Sci.* 1760 (Mém. pp. 1–45), (Paris, 1766).
  - (16) Le 10<sup>e</sup> mémoire—Réflexions sur le calcul des probabilités: *Opuscules Mathématiques* par d'Alembert, tome 2, pp. 1–25 (1761).
  - (17) Le 11<sup>e</sup> mémoire—Sur l'application du calcul des probabilités à l'inoculation de la petite vérole: *Opusc. Math.* tome 2, pp. 26–46 (1761).
  - (18) Doutes et questions sur le calcul des probabilités: *Mélanges de Littérature, d'Histoire et de Philosophie*, par d'Alembert, vol. 5 (1767) ou *Oeuvres Complètes de d'Alembert*, par Belin, tome 1, pp. 451–462.
  - (19) Réflexions sur l'inoculation: *Mélanges*, vol. 5 (1767) ou *Oeuvres Complètes*, tome 1, pp. 465–514.
  - (20) Le 23<sup>e</sup> mémoire—Extraits de plusieurs lettres de l'auteur sur différens sujets, écrites dans le courant de l'année 1767 (§5 Sur le calcul des probabilités §6 Sur l'analyse des Jeux §7 Sur la durée de la vie §8 Sur un mémoire de M. Bernoulli concernant l'inoculation): *Opusc. Math.* tome 4, pp. 73–105 (1768).
  - (21) Le 27<sup>e</sup> mémoire—Extraits de lettres sur le calcul des probabilités et sur les calculs relatifs à l'inoculation (§1 Sur le calcul des probabilités §2 Sur les calculs relatifs à l'inoculation) *Opusc. Math.* tome 4, pp. 283–341 (1768).
  - (22) Le 36<sup>e</sup> mémoire—Contenant quelques écrits sur différens sujets (§3 Sur les tables de mortalité): *Opusc. Math.* tome 5, pp. 228–230 (1768).
  - (23) Le 44<sup>e</sup> mémoire—Contenant plusieurs écrits sur différens sujets (§6 Sur les calculs relatifs à l'inoculation; addition du 27<sup>e</sup> mém.): *Opusc. Math.* tome 5, pp. 508–510 (1768).
- (c) Un article du *Supplément de l'Encyclopédie* écrit par d'Alembert et son dernier mémoire sur le calcul des probabilités.
  - (24) Cartes (Problème sur les cartes): *Supplément de l'Encyclopédie*, tome 2, pp. 250–251 (1776).

- (25) Le 52<sup>e</sup> mémoire—§2 Sur le calcul des probabilités: *Opusc. Math.* tome 7, pp. 39–60 (1780).
- (d) Les œuvres de Condorcet concernant le calcul des probabilités.
- (26) Probabilité: *Encyclopédie Méthodique*, tome 2, pp. 649–663 (1784).
- (27) Vérité (Calcul des probabilités): Manuscrit pour *l'Encyclopédie Méthodique* (Bibl. de l'Institut, Ms 873, fol. 168–169).
- (28) Mémoire sur le calcul des probabilités—1<sup>e</sup> Partie. Réflexions sur la règle générale qui prescrit de prendre pour valeur d'un événement incertain, la probabilité de cet événement, multipliée par la valeur de l'événement en lui-même. 2<sup>e</sup> Partie. Application de l'analyse à cette question: Déterminer la probabilité qu'un arrangement régulier est l'effet d'une intention de le produire: *Hist. de l'Acad. Roy. des Sci.* (1781) Mém. pp. 707–728, Paris, 1784. (Ce mémoire a été lu le 4 août 1784.)
- (29) Suite du mémoire sur le calcul des probabilités—3<sup>e</sup> Partie. Sur l'évaluation des droits éventuels: *Hist. de l'Acad. Roy. des Sci.* (1782) Mém pp. 674–691, Paris 1785.
- (30) Mémoire sur le calcul des probabilités—4<sup>e</sup> Partie. Réflexions sur la méthode de déterminer la probabilité des événemens futurs, d'après l'observation des événemens passés. 5<sup>e</sup> Partie. Sur la probabilité des faits extraordinaires: *Hist. de l'Acad. Roy. des Sci.* (1783) Mém pp. 539–559, Paris, 1786.
- (31) Suite du mémoire sur le calcul des probabilités—Article 6. Application des principes de l'article précédent à quelques questions de critique: *Hist. de l'Acad. Roy. des Sci.* (1784) Mém pp. 454–468 ,Paris, 1787.
- (32) *Essai sur l'application de l'analyse à la probabilité des décisions rendues à la pluralité des voix*, Paris, 1785.
- (33) *Elémens du calcul des probabilités et son application aux jeux de hasards, à la loterie et aux jugemens des hommes* (posthume).
- (e) Les documents divers.
- (34) Montucla: *Histoire des mathématiques*, tome 3, Paris, 1802.
- (35) I. Todhunter: *A History of the Mathematical Theory of Probability*, Cambridge 1865.
- (36) J. Bertrand: *D'Alembert*, Paris, 1889.
- (37) C. Granger: *La Mathématique Sociale du Marquis de Condorcet*, Paris, 1956.
- (38) La Condamine: Suite de l'histoire de l'inoculation de la petite vérole depuis 1758 jusqu'au 1765: *Hist. de l'Acad. Roy. des Sci.* (1765) Mém p. 511, Paris, 1765.



## Pascal et Wallis au Sujet de la Cycloïde (III)

Kokiti HARA\*

### I. Préliminaires

Dans nos deux mémoires précédents, nous avons étudié les *Tractatus duo* publiés par Wallis en 1659: d'abord le *Tractatus prior*, où l'auteur avait corrigé et augmenté ses écrits antérieurs répondant au défi pascalien sur la cycloïde<sup>1</sup>, ensuite le Préambule du *Tractatus posterior*, où il était passionnément revenu sur cette affaire du concours<sup>2</sup>. Nous abordons maintenant la *Mechanica, pars secunda*, où sa solution complète des problèmes pascaliens fut enfin publiée. Malgré son intention initiale de publier conjointement les deux premières Parties de sa *Mechanica*, la *Pars prima*, comprenant les Chapitres I-III, fut éditée vers la fin de 1669, style ancien, et la *Pars secunda*, comprenant les Chapitres IV-V, le fut en 1670<sup>3</sup>. Celle-ci consiste d'ailleurs presque entièrement en le "Caput V de calculo centri gravitatis", fruit d'un extraordinaire labeur calculateur, et dont chaque Proposition comprend en réalité nombreux énoncés métriques suivis de démonstrations. Et c'est dans les Prop. 20-22 que Wallis s'acquitta de sa dette envers Pascal, même en grossissant volontiers la somme.

Rappelons-nous les problèmes de Pascal, en nous conformant cette fois à la Fig. 166 de ce Caput V<sup>4</sup>.

Etant donnée la demi-cycloïde  $A\tau$  ayant  $\alpha\tau$  pour base et  $\alpha A$  pour axe, menons une droite quelconque  $Vb$  parallèle à la base. Pascal demanda d'abord, en juin 1658, de trouver les choses suivantes avant la fin de septembre:

1.1., l'aire du "triligne"  $AVb$ ; 1.1', le centre de gravité de ce triligne;

---

\* Faculté des Lettres de l'Université d'Osaka, Toyonaka-shi.

<sup>1</sup> *The Annals of the Japan Association for Philosophy of Science*, vol. 3, no 4, 1969, pp. 166-187. Cette source sera désormais indiquée par Mém. 1.

<sup>2</sup> *Gallia*, X-XI, publiée par la Société d'Etudes de Langue et Littérature Françaises de l'Université d'Osaka, 1971, pp. 231-249. Cette source sera indiquée par Mém. 2.

<sup>3</sup> La *Pars tertia* fut éditée en 1771. Le titre exact de l'ouvrage est *Mechanica, sive de motu tractatus geometricus*; mais les *Johannis Wallis opera mathematica*, t. I, Oxoniae, 1695, ne conservent ce titre original que pour la *Pars I* (pp. 572-642), présentant les deux autres *Partes* sous le titre de *Mechanicorum, sive tractatus de motu* (pp. 643-1063). Nous ignorons la date exacte de parution de la *Pars II*, mais elle était certainement déjà sortie en juillet 1670, comme il a été signalé dans notre Mém. 1, n. 11. Sur l'intention initiale de l'auteur concernant la publication de cet ouvrage, voir "Ad lectorem monitio", *Op. math.*, t. I, p. 644. Voir aussi la note 59 ci-dessous.

<sup>4</sup> Le Caput V reprend la plupart des figures du *Tractatus prior*, mais en nommant différemment les points impliqués.

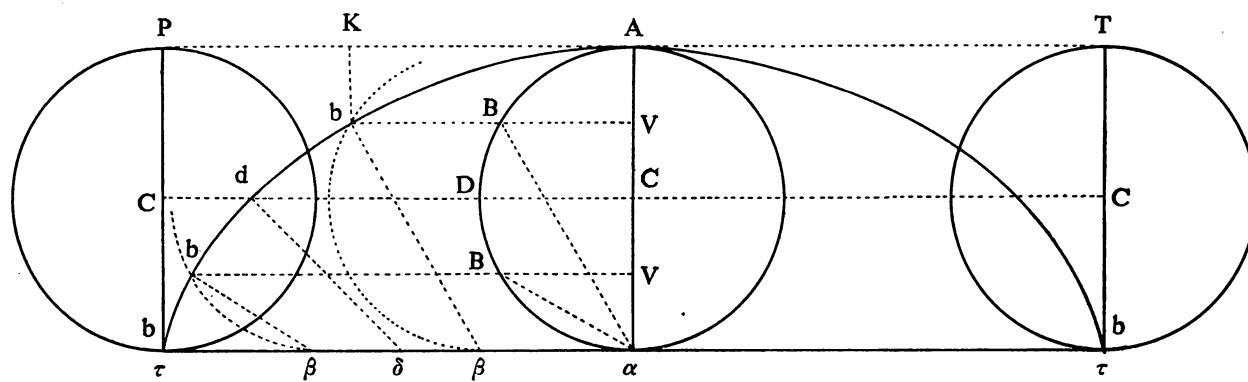


Fig. 166.

1.2, le volume du solide qu'engendre le même triligne en faisant un demi-tour autour de  $Vb$ ; 1.2', le centre de gravité de ce solide;

1.3, le volume du solide qu'engendre le même triligne en faisant un demi-tour autour de  $VA$ ; 1.3', le centre de gravité de ce solide.

Le problème 1.1' demandant de trouver les distances du centre de gravité dont il s'agit à  $Vb$  et à  $VA$ , nous désignerons au besoin ces deux parties du problèmes par  $1.1'_{vb}$  et  $1.1'_{VA}$ . Il en sera de même des problèmes 1.2' et 1.3', où nous supposerons que les solides considérés sont symétriques par rapport au plan de la cycloïde.

Pascal adoucit d'ailleurs, en juillet, la condition du concours: le concurrent pourrait envoyer provisoirement le calcul du seul problème 1.2' dans le cas où la droite  $Vb$  coïncide avec  $\alpha\tau$ . Pour désigner généralement ce cas particulier, nous mettrons entre parenthèses les numéros d'indication des problèmes.

Le deuxième groupe de problèmes, que Pascal proposa en octobre de résoudre avant la fin de décembre, s'obtient en remplaçant le triligne  $AVb$  par l'arc  $Ab$ . Nous désignerons chaque problème de ce groupe en remplaçant le chiffre initial 1 du premier groupe par 2<sup>6</sup>.

Pour ces divers problèmes, voici le bilan des résultats que Wallis publia dans le *Tractatus prior*. Dans sa "Pars prior", consacrée à ceux de juin, le traitement des 1.1', 1.2', 1.3,  $(1.3')_{\alpha A}$ , 1.3' demeurait encore plus ou moins incomplet, quoique la condition atténuee touchant (1.2') ait été remplie. Dans la "Pars posterior" au contraire, tous les problèmes d'octobre, excepté  $2.3'_{VA}$ , étaient résolus, quoique de façon implicite pour le cas général<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Le problème 2.1 toutefois était déjà résolu par Wren, et vraisemblablement par Roberval avant lui. Voir les *Oeuvres de B. Pascal, publiées par L. Brunschvicg, P. Boutroux et F. Gazier*, Paris (par abrév., *Pascal*), t. VIII, pp. 204 et 207. Voir aussi la note 33 ci-dessous.

<sup>6</sup> Sur plus de détails de la Pars prior, voir notre Mém. 1, pp. 172-176 (surtout le résumé à la p. 176). Voici le sommaire de la Pars posterior, adapté encore à la Fig. 166:

§§1-3. Solution du *problème (2.1')<sub>ατ</sub>*.

§4. Solution du *problème 2.1'vb*. Quoique l'auteur n'achève pas le calcul, le contexte permet bien de lui attribuer la solution de ce problème.

§5. Solution du *problème (2.2)*. Celle du *problème 2.2*. L'auteur ne donne pas la mesure de ce problème-ci, mais la solution en est évidemment toute semblable à celle du problème précédent.

§6. Supplément aux §§1-5.

§§7-15. Solution du *problème (2.1')<sub>αA</sub>*. L'auteur n'effectue point le calcul du *problème 2.1'VA*, qui doit être un peu compliqué. Mais, comme il le signale à plusieurs reprises, quoique toujours cursivement, son procédé peut se généraliser pour résoudre ce problème-ci.

§16. Solution du *problème (2.3)*. Il est d'ailleurs à croire que l'auteur était capable de résoudre aussi le *problème 2.3*.

§17. Additions aux §§5-16, fondées sur le théorème de Guldin.

§18. Solution du *problème (2.2')<sub>ατ</sub>*. Evidemment le *problème 2.2'vb* se résout de la même manière.

§§19-54. Solution du *problème (2.2')<sub>αA</sub>*. Sans être énoncé par l'auteur, le calcul en découle immédiatement du §24. D'autre part, l'auteur ne mentionne plus le cas général, mais le procédé qu'il adopte ici peut se généraliser pour résoudre le *problème 2.2'VA*.

§§55-57. Solution du *problème (2.3')<sub>ατ</sub>*. Ce résultat ayant été acquis au moyen d'une relation générale déjà alléguée dans les §§103-104 de la Pars prior, l'auteur devait résoudre aussi le *problème 2.3'vb*.

§§58-74. Solution du *problème (2.3')<sub>αA</sub>*. Ici, non seulement l'auteur se tait sur le *problème 2.3'VA*, mais encore son procédé demeure particulier par suite du recours à certaines figures symétriques.

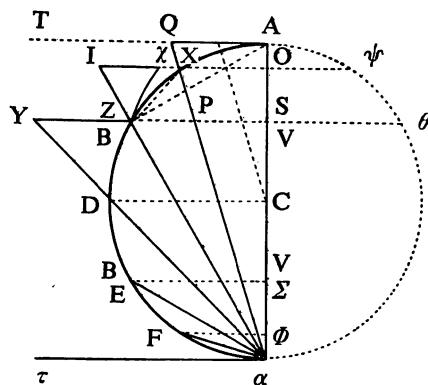


Fig. 169

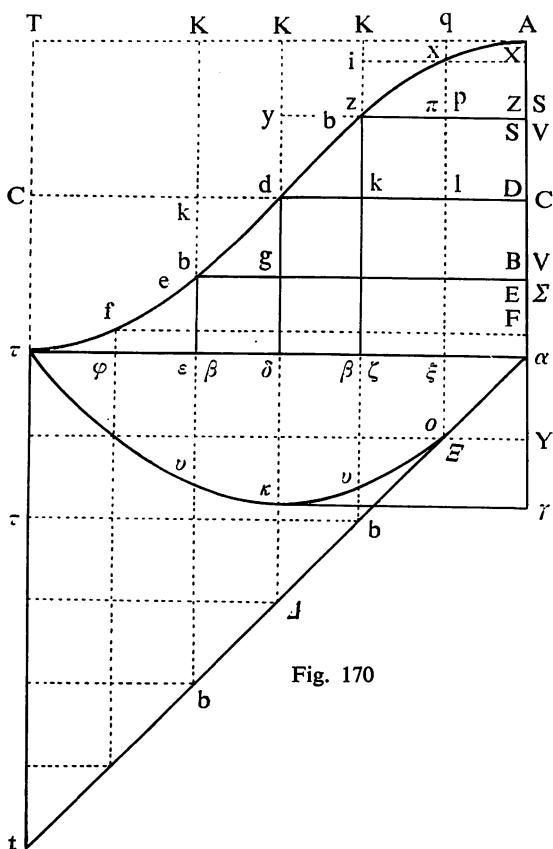


Fig. 170

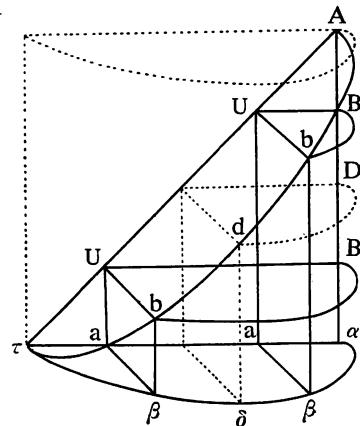


Fig. 171

Or les Prop. 20–22 du Caput V de la *Mechanica, pars secunda*, calculent tous les problèmes proposés sans exception<sup>7</sup>, ce que ne fit pas même Pascal. Cette solution est d'ailleurs préparée par les Prop. 17–19 relatives aux problèmes qu'on obtient, pour ceux de juin, en remplaçant la demi-cycloïde par la courbe  $Ad\tau$  de la Fig. 170, dont l'ordonnée  $Bb$  égale, par définition, l'arc  $AB$  du cercle génératrice (Fig. 169). Et ces Prop. 17–22 sont suivies par le Scholium que nous avons déjà souvent mentionné par anticipation.

Dans le présent mémoire, qui doit terminer notre étude sur la relation de Pascal et de Wallis au sujet de la cycloïde, nous nous proposons d'abord de traduire ce Scholium d'après la seconde édition de 1695<sup>8</sup>, et d'essayer ensuite quelques observations chronologiques concernant cet ensemble de Propositions et ce Scholium.

Le texte du Scholium est divisé en trois sections par des blancs d'interligne; nous les avons numérotées dans la traduction. Le lecteur trouvera que cette division peut avoir un sens particulier au point de vue chronologique.

## II. Traduction du Scholium

[1] Si je me suis arrêté un peu plus longuement sur quelques propositons précédentes, concernant la Cycloïde et ses solides, ou frayant une voie pour ce sujet, c'est surtout parce que, dans mon Traité *De la Cycloïde* (édité en 1659)<sup>9</sup>, je n'avais pas poursuivi le calcul pour tous les cas proposés. Mais je l'avais effectué au moins pour le cas (sans parler de ceux dont la considération était nécessaire à cette fin) que l'Anonyme avait désigné, en proposant ses Problèmes, comme le plus difficile d'entre eux, et qu'on croyait donc impossible d'atteindre sans l'intelligence préalable des autres cas<sup>10</sup>. Pour le reste, je m'étais contenté (pour les raisons mentionnées dans le même ouvrage) d'indiquer les sources d'où toutes les solutions étaient à déduire au moyen du Calcul Géométrique<sup>11</sup>.

<sup>7</sup> A ceci près qu'au lieu des figures de révolution impliquées dans les problèmes pascaliens, l'auteur envisage les "onglets" qui leur correspondent, lacune très aisée à combler. (Sur le terme "onglet", voir notre Mém. 1, pp. 166–167.)

<sup>8</sup> Le Scholium, occupant les pages 458–465 de la *Mech. pars II*, fut réédité dans les *Op. math.*, t. I, pp. 858–862. D'une édition à l'autre, il existe quelques variantes importantes. Voir ci-dessous les notes 25, 28, 39 et 52.

<sup>9</sup> C'est-à-dire le *Tractatus prior*. Sur le titre complet de l'ouvrage, comportant aussi le *Tractatus posterior*, voir notre Mém. 1, n. 2.

<sup>10</sup> C'est le problème (1.2') dont le calcul fut proposé, en juillet 1658, à titre d'une alternative (*Pascal*, t. VIII, p. 19). Wallis reviendra sur ce problème aux lignes 35–37, et 74–86 de ce Scholium. Il importe de signaler dès maintenant l'inexactitude de son affirmation: "on croyait . . . des autres cas" (11.7–8); la méthode de Pascal, exposée dans les *Lettres de Dettonville*, permet de résoudre le premier groupe de problèmes dans son ensemble. Voir surtout *Pascal*, t. IX, pp. 26–37, et 117–122.

<sup>11</sup> Wallis semble entendre ici la fin de la Praefatio du *Tract. prior*. En voici la traduction partielle: "En ce qui concerne la matière du traité, j'ai eu présent à l'esprit de tout exposer succinctement, mais clairement. Je n'ai toutefois pas voulu démontrer séparément tous les Lemmes qui s'y introduisaient de temps à autres, (ce qui aurait trop augmenté la longueur de l'ouvrage,) mais

J'avais bien l'intention d'achever aussi le calcul restant pendant que la partie réussie de ma recherche serait sous presse, et de le publier conjointement. Ayant vu paraître cependant, à un moment inattendu (de la même année), le traité consacré au même sujet par M. *Pascal* ou *Dettonville*, (celui qui avait proposé ces Problèmes<sup>12</sup>), j'ai trouvé préférable de tout publier tel qu'il était alors, (le calcul n'ayant pas encore été terminé pour les cas restants,) afin d'éviter que j'eusse l'air d'avoir tiré mes solutions de son traité (je pressentais que quelques-uns devaient l'insinuer). Pour cette raison, il m'a plu de publier mes écrits tels que je les avais communiqués auparavant à quelques-uns de mes compatriotes, et que le très Honorable Vicomte *Brouncker* les avait examinés en personne en faisant la supputation (par crainte qu'une erreur de calcul s'y fût glissée par hasard, comme il arrive souvent dans un calcul compliqué), et qu'il les avait approuvés pleinement, (pas un seul lapsus de calcul n'ayant été découvert dans tout l'ouvrage<sup>13</sup>), plusieurs mois avant la parution du livre de *Dettonville*<sup>14</sup>. Mais, déjà une année entière auparavant, j'avais envoyé à *Paris*, à l'adresse de M. *Carcavy* son ami, le principal de toute une Méthode (selon la prescription de ce *Dettonville*, alors Anonyme<sup>15</sup>;) là, Pascal avait personnellement vu mes résultats, comme l'indique clairement sa lettre à notre *Wren*<sup>16</sup>; de sorte qu'il n'y a aucun lieu de soupçon inique à l'égard des miens.

Il était inévitable que traitant d'un même sujet, j'eusse quelques procédés en commun avec lui, mais quiconque a comparé les deux méthodes, ne saura

---

seulement ceux qui semblaient plus obscurs que les autres; pour le reste, j'ai cru déjà suffisant d'en avoir indiqué au doigt les fondements. [...] Non rarement aussi, je me suis abstenu exprès de démontrer quelques propositions mineures, et je n'ai peut-être pas envisagé chaque fois tous les cas possibles; je serais satisfait d'avoir montré clairement un moyen de démonstration, prêt cependant à exposer les détails un par un... Cf. aussi la fin du Préambule du *Tractatus posterior*, Mém. 2, pp. 240–241, trad., 11. 274–292.

<sup>12</sup> Nous entendons "tempore" au lieu de "temporis" dans l'original (*Mech. pars II*, p. 459; *Op. math.*, t. I, p. 858). Or, dans ces lignes 13–15, il ne peut s'agir de la parution proprement dite des *Lettres de Dettonville* vers février 1659 (Mém. 2, n. 46), mais du moment où Wallis en fut informé par ouï-dire, moment qui se situe d'une part après mars (*ibid.*), et d'autre part avant juillet, où le manuscrit du *Tractatus prior* "souffrait de graves retardements de l'impression" (*ibid.*, p. 232, trad., 11. 1–3).

<sup>13</sup> Voir toutefois les lignes 146–149 ci-dessous.

<sup>14</sup> S'agit-il encore de la nouvelle mentionnée dans la note 12, comme il semble naturel au premier abord? Il s'ensuivrait alors qu'elle fût parvenue à Wallis à un moment assez proche de juillet 1659, et nous aurions de la peine à comprendre ces "graves retardements" apprêts à l'impression du *Tractatus prior*. Mais la suite du présent texte nous conduit à une autre interprétation. Il s'agirait, cette fois, d'un jour de juillet ou d'août, où Wallis reçut effectivement des exemplaires envoyés de cet ouvrage de Pascal (Mém. 2, p. 232, trad., 1.8). Voir la note suivante.

<sup>15</sup> Il s'agit assurément de l'envoi de Wallis du 19 août 1658, style ancien (Mém. 1, p. 169, trad., pass. 4, 11. 15–16). Dès lors, presque "une année entière" s'était écoulée lorsqu'il feuilleta effectivement un exemplaire des *Lettres de Dettonville*.

<sup>16</sup> Lettre du 13 septembre 1658, dont le texte fut partiellement publié dans la Praefatio du *Tract. prior* (*Tract. duo*, 3<sup>e</sup>–4<sup>e</sup> pages; *Op. math.*, t. I, p. 493), et réédité dans *Pascal*, t. VIII, pp. 137–138. Voir surtout la p. 137, 11. 6–9.

35 méconnaître que ma méthode est différente de la sienne. Je m'en toutefois remets aux autres de juger combien la mienne est plus aisée et tend plus directement au but poursuivi; ils en jugeront en essayant, tantôt selon mes principes, tantôt selon les siens, le calcul général, ou du moins celui du cas qu'il a choisi entre tous (détermination du Centre de gravité du Demi-solide qu'engendre la Demi-cycloïde en faisant un Demi-tour autour de sa base).

40 Voyons en particulier cette division de la Cycloïde en Segments, par laquelle il est établi non seulement que la Demi-cycloïde est triple du Demi-cercle, (ce qui était déjà connu<sup>17</sup>), mais aussi que les Portions de celle-là (retranchées par les droites d'une certaine façon convenable) sont triples des Portions correspondantes de celui-ci, (par exemple, dans la fig. 166,  $b\beta\tau = 3B\alpha B$ ,  $A\alpha\beta b = 3A\alpha B$ ,  $d\delta\beta b = 3D\alpha B$ , et ainsi partout), segmentation dont je fais le point de départ de tout mon procédé, et d'où je déduis le reste<sup>18</sup>. Cette 45 segmentation, il ne l'a remarquée nulle part. Il est très visible qu'il l'ignorait avant d'en être averti par mes écrits. En effet, ce procédé est d'une si grande importance en cette matière, qu'il n'est pas à croire que tout en le connaissant, on ait voulu se taire là-dessus. Je ne crois pas non plus que quelques autres 50 Français l'aient remarqué auparavant. Quoique d'éminentes personnes de cette nation-là se fussent déjà appesanties sur ce sujet de la Cycloïde depuis plus de quarante ans<sup>19</sup>, ce n'est qu'à un moment plus récent que, (provoqué par un défi), j'ai pris ce sujet en considération<sup>20</sup>, ignorant qu'on avait déjà 55 acquis d'autres résultats que ceux que j'ai trouvés énoncés dans les livres de Torricelli et de Schooten, à savoir la proposition que le plan de la Cycloïde est triple du cercle générateur, et une Méthode pour mener des Tangentes<sup>21</sup>.

De là vient, je pense, que ce personnage-là n'a recours nulle part à la *Figure des Sinus Verses*, mais qu'il va exiger de la doctrine des *Sinus Droits*, et par de longs détours, ce qui aurait été à déduire beaucoup plus promptement des *Sinus Verses*<sup>22</sup>.

<sup>17</sup> Outre le résultat de Torricelli dont il sera fait mention aux lignes 54–55, Wallis était informé, par l'*Histoire de la roulette* de Pascal, de l'intervention de Roberval, de Fermat et de Descartes sur ce sujet (*Pascal*, t. VIII, pp. 196–197).

<sup>18</sup> Voir notre Mém. 1, p. 172, résumé des §§11–23 de la Pars prior.

<sup>19</sup> La Praefatio du *Tract. prior* et le Préambule du *Tract. post.* faisaient remonter le même événement de quarante ans au plus (Mém. 1, p. 169, trad., pass. 4, 11. 11–13, et Mém. 2, p. 233, trad., 11. 21–22).

<sup>20</sup> D'après la Praefatio, c'est le 10 août 1658 que Wallis fut informé du premier groupe de problèmes pascaliens (Mém. 1, p. 168, trad., pass. 1.).

<sup>21</sup> Voir notre Mém. 2, notes 10 et 11. Mais l'emploi, à la ligne 55, du singulier "Méthode" (Methodumque) fait penser que Wallis aurait alors méconnu la méthode cinématique des trangentes, exposée, outre à l'endroit signalé dans le Mém. 2, note 10, aux pp. 120–122 des mêmes *Opera* (*Opere di E. Torricelli, edite da G. Loria e G. Vassura, Faenza, t. II*, p. 122–124).

<sup>22</sup> Ce que Wallis appelle "Figure des Sinus Verses" ou "Figure des Arcs" (Figura Sinuum versorum, Figura Arcuum) n'est autre que le triligne  $A\alpha\tau d$  de la Fig. 170, ayant BA égal au sinus verse VA du cercle générateur (Fig. 169), et Bb égal à son arc AB (*Mech. pars II*, Cap. V, Prop. 17, p.

60 Quant à la courbe  $Ad\tau$ , adjointe à la figure de la cycloïde, fig. 170, (et que nous appelons l'*Ellipse Développée*<sup>23</sup>), il paraît ne l'avoir pas considérée du tout. Quoique la courbe qu'il tient pour *Compagne de la Cycloïde* ne soit autre qu'une moitié de cette Courbe-là, comme  $dA$ <sup>24</sup>, (ce que je démontre dans les annexes au traité *De la Cycloïde*, p. 557<sup>25</sup>), il la déduit toutefois d'une origine entièrement différente, et de ce fait, la déduction ne porte pas sur sa totalité. En fait, il veut décrire cette *Moitié* par le trait du Compas sur la superficie d'un Cylindre, (avec l'ouverture du compas égale au diamètre de la Base du Cylindre), c'est-à-dire par l'intersection *d'une Sphère et d'un Cylindre* (opération équivalente), (le Centre de la Sphère étant situé sur la superficie du Cylindre, et son Rayon étant égal au Diamètre de la Base de celui-ci). Nous déduisons *Toute* la courbe de l'intersection *d'un Cylindre et d'un Plan*. (En développant cependant, dans l'un et l'autre cas, la superficie retranchée du Cylindre). Voilà ce que je pense avoir totalement échappé à sa remarque.

70 De là vient que dans ses problèmes, il a choisi, comme le plus difficile, le cas concernant le Demi-solide autour de la Base de la Demi-cycloïde; (il n'avait pas pensé possible d'aller résoudre ce cas sans avoir élucidé ceux qui concernent le Demi-solide autour de l'Axe, et de fait, par sa méthode, celui-là ne se résout pas sans cette élucidation préalable<sup>26</sup>). Et cependant, (quoiqu'il l'ait ignoré), ce cas choisi est beaucoup plus facile que le cas semblable du Demi-solide autour de l'Axe. Cela est bien clair par nos énoncés, en vertu de la Segmentation ci-dessus mentionnée de la Demi-cycloïde, accompagnée

283; *Op. math.*, t. I, p. 752). A l'égard de Pascal, Wallis doit avoir ici principalement en vue le "Traité des sinus du quart de cercle" dans les *Lettres de Dettonville* (*Pascal*, t. IX, pp. 60–76). Deux remarques s'imposent toutefois. 1° La figure wallisienne des sinus verses est impliquée dans la Fig. 13 des *Lettres de Dettonville* (*ibid.*, p. 14), comme un cas particulier où le triligne original BAH est un demi-cercle, seul cas d'ailleurs que Pascal ait eu besoin d'envisager dans le reste des *Lettres*. 2° Dans le "Traité des sinus", Pascal ne manqua pas de s'énoncer sur les sinus verses dès le premier "Corollaire" (*ibid.*, p. 67), où DX de la Fig. 16 est le sinus verse par rapport au sinus DS (et non pas DI comme le fait entendre le texte des *Lettres*).

23 "Ellipsin Expansam". Car cette courbe  $Ad\tau$  est la transformée de la demi-ellipse  $Ad\tau$  de la Fig. 171 (où  $dA$  égale le diamètre de la base du cylindre), lorsqu'on développe la surface latérale de ce cylindre. Cet argument, déjà formulé dans le *Tract. post.* (*Tract. duo*, pp. 99–100; *Op. math.*, t. I, p. 556), se répète ici dans la Prop. 17, scholium (*Mech. pars II*, pp. 304–305; *Op. math.*, t. I, pp. 765–766).

24 Wallis commet un malentendu; ce que Roberval nomma la "Compagne" (*Socia*) de la cycloïde est la totalité de la courbe  $Ad\tau$ , et non sa moitié. Pascal le rapporte exactement dans l'*Histoire de la roulette* (*Pascal*, t. VIII, pp. 203–204). Sur le travail propre de Roberval à ce sujet, voir *Divers ouvrages de mathématique et de physique par Messieurs de l'Académie Royale des Sciences*, Paris, 1693, pp. 191–193, 213–221, 230–232, et 246–274; *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences depuis 1666 jusqu'à 1699*, t. VI, Paris, 1730, pp. 250–253, 293–310, 328–332, et 361–419.

25 La *Mech. pars II*, p. 460, porte "100" au lieu de "557", cette indication-là renvoyant aux *Tract. duo*, et celle-ci, aux *Op. math.*, t. I. En chacun des endroits indiqués, Wallis énonçait ce qu'il fait ici aux lignes 62–70.

26 Nous avons déjà signalé l'inexactitude de cette affirmation de Wallis (n. 10). Voir aussi les lignes 82–86 ci-dessous.

de la Segmentation correspondante du Demi-cercle<sup>27</sup>. Justement parce qu'il ignorait ce mode de division, il ne pouvait parvenir au cas choisi que par le moyen du Demi-solide autour de l'Axe. Aussi trouve-t-il nécessaires un long détour et un calcul tout à fait embrouillé pour atteindre à l'endroit où nous parvenons tout droit.

De là vient aussi (si je ne me trompe) que dans ses Problèmes proposés d'abord, il demande d'évaluer le Segment de la Demi-cycloïde (avec celui de ses solides) retranché par une droite parallèle à la Base, (comme bVA, fig. 166), plutôt que le segment retranché par une droite parallèle à l'Axe. Il est vrai que pour ceux qui connaissaient notre mode de division, la considération du cas postérieur aurait été non moins compliquée, et même plus<sup>28</sup>; mais pour lui, qui n'avait pas encore l'idée claire sur ce mode de division, la première considération a semblé plus compliquée, et de fait, par la méthode qu'il a exposée, celle-ci se résoudra plus difficilement<sup>29</sup>.

Voilà certes autant de preuves manifestes du fait que ce mode de division (très élégant d'ailleurs) n'a point été clair pour lui.

Cela est tellement vrai que si l'on veut essayer, selon les règles de sa méthode, le calcul de tous les cas sans exception, (comme nous l'avons fait par la nôtre), et surtout des cas concernant les centres de gravité des Demi-solides autour de  $\tau\alpha$  (base de la demi-cycloïde) ou de bV (parallèle à la base), celui-là (je parle d'un calculateur éprouvé) trouvera l'opération vraiment perplexe, et nous ne nous étonnerons pas de le voir renoncer à mi-chemin, dégoûté du labeur<sup>30</sup>. C'était là, me semble-t-il, la vraie raison pour laquelle Pascal n'avait pas effectué (quoiqu'il semblât l'avoir promis<sup>31</sup>) le calcul de tous les cas par lui proposés, et que, content d'avoir exposé la mesure d'un seul cas, (ayant

<sup>27</sup> Ces segmentations permirent en effet à Wallis de résoudre sans difficulté le problème (1.2')<sub>ατ</sub>, mais non le problème (1.2')<sub>αA</sub>. Voir notre Mém. 1, pp. 173 et 176, résumés des §§40–48, et 87–102 de la Pars prior.

<sup>28</sup> La *Mach. pars II*, p. 460, ne porte pas "nendum magis" ("et même plus").

<sup>29</sup> Nous ne comprenons pas toute cette affirmation de l'auteur aux lignes 87–95. Non seulement la différence entre ces deux modes de retranchement n'aurait guère importé pour Pascal, mais encore Wallis aurait appliqué plus facilement ses segmentations favorites aux problèmes qu'on obtenait en remplaçant, dans les 1.1, 1.1', 1.2, 1.2'vb, la parallèle Vb à la base par la perpendiculaire abaissée de b à la même base.

<sup>30</sup> Il est vrai que les segmentations, déjà mentionnées plusieurs fois, a considérablement facilité la solution des problèmes 1.1, (1.2), et (1.2')<sub>ατ</sub> (n. 27). Mais pour l'ensemble des problèmes proposés, nous ne pensons pas que l'opération selon la méthode de Pascal soit tellement plus compliquée que celle de Wallis, poursuivie, elle-même, avec un labeur vraiment étonnant.

<sup>31</sup> Pascal n'exigea jamais le calcul de tous ses problèmes, la première circulaire de juin 1658 demandant de "montrer que tout ce qui avait été demandé était donné" (*Pascal*, t. VII, p. 344), et la seconde circulaire de juillet demandant, soit une démonstration, même abrégée, des solutions, soit le calcul du problème (1.2') (t. VIII, pp. 18–19). Aussi devant sa promesse de publier ce qu'il avait trouvé lui-même (quae ipsi invenimus) (t. VII, p. 346), ne devait-on pas s'attendre jusqu'au calcul de tous les problèmes de juin , et il en était de même de ceux d'octobre (t. VIII, pp. 207–208).

d'ailleurs effacé les vestiges par où il y était parvenu), il garde un silence profond sur le reste<sup>32</sup>.

De plus, il n'avait pas trouvé (non plus que ses compatriotes) le moyen d'exhiber une droite égale à la courbe de la Cycloïde, ni de diviser cette courbe dans un rapport donné, avant de recevoir de l'Angleterre un renseignement sur ces points<sup>33</sup>. C'est pourquoi les Questions Postérieures, concernant la Courbe de la Cycloïde et ses segments, les Superficies formées par la révolution de cette courbe ou de ses segments, et les Centres de gravité de toutes ces figures, n'avaient pas été proposées avec les Premières, mais seulement après qu'une lettre de notre *Wren* lui avait indiqué par quel moyen on peut exhiber les Droites égales à cette courbe ou à ses parties. Cela est très clair par sa lettre à *Wren*<sup>34</sup>.

Tout cela n'a pas été dit dans l'intention de porter atteinte à ses inventions, mais pour nous assurer ce qui est de nous, et pour montrer concrètement que tous ses résultats sont non moins accessibles (pour ne pas dire *plus*) pour nos méthodes que pour les siennes, afin qu'il ne reste pas lieu de soupçons iniques, et, à plus forte raison, d'insinuations malveillantes<sup>35</sup>.

Ce qui se trouve ajouté en cet endroit outre nos résultats publiés autrefois, ce n'est d'ailleurs (pour autant qu'il s'agit du même sujet) que la continuation du calcul commencé jadis. En effet, nous n'appliquons pas ici de principes, ou de règles de la méthode, qui ne soient appliqués partout dans ce traité *De la Cycloïde*. Mais ce qui se trouve là a été tiré presque toujours de mes principes, exposés jadis dans l'*Arithmétique des Infinis* éditée en 1656, et que j'avais accommodés, dans la *Correspondance* éditée en 1658 (les Lettres 15 et 16, et l'appendice de celle-ci) à la situation des Centres de gravité<sup>36</sup>. Assuré-

<sup>32</sup> Dans les *Lettres de Dettonville*, Pascal ne donna certes le calcul que pour le problème (1.2') selon l'alternative de juillet 1658 (*Pascal*, t. VIII, p. 335). Mais, les trois traités annexes mis à part, la partie principale de l'ouvrage était destinée à montrer la voie, par où non seulement il y était parvenu, mais encore on pouvait calculer tous les autres problèmes proposés.

<sup>33</sup> Déjà dans le Préambule du *Tract. post.*, Wallis insistait sur l'importance de cette lettre, aujourd'hui perdue, de Wren, par laquelle il communiqua à Paris la rectification de l'arc cycloïdal. Voir notre Mém. 2, p. 239, trad., 11. 226–227, et 240–243. D'après Wallis encore, Wren avait trouvé cette rectification avant le début de juillet 1658 (*Tract. duo*, p. 62, numérotée 70 par erreur; *Op. math.*, t. I, p. 532).

<sup>34</sup> Nous acceptons toute cette affirmation de Wallis aux 11. 109–117, affirmation d'ailleurs qu'il avait déjà formulée dans le Préambule du *Tract. post.* (Mém. 2, p. 239, trad., 11. 225–245). Mais nous ignorons la lettre de Pascal qu'il allègue ici à la ligne 117.

<sup>35</sup> Profitons de cette occasion pour formuler l'impression d'ensemble que nous laissons toutes les lignes précédentes du Scholium au sujet des *Lettres de Dettonville*. Les remarques dans les notes 10, 22, 29 et 32 nous font conclure que Wallis n'a pas lu sérieusement cet ouvrage pascalien. Nous regrettons surtout qu'il l'ait considéré du seul point de vue des problèmes proposés sur la cycloïde, sans estimer le grand mérite, constitué par une validité générale des arguments de la première moitié des *Lettres* (*Pascal*, t. VIII, p. 334–t. IX, p. 59), et surtout du "Traité des trilignes rectangles" (t. IX, pp. 3–45).

<sup>36</sup> *Commercium epistolicum, de quaestionibus quibusdam mathematicis nuper habitum*, Oxonii, 1658, pp. 31–56. La traduction française des trois pièces alléguées se trouve dans les *Oeuvres de Fermat*, publiées par les soins de P. Tannery et C. Henry, Paris, t. III, pp. 425–457.

ment, tout cela n'est presque rien d'autre que l'accommodation de cette Méthode Générale à des cas particuliers.

[2] Après que le calcul de tout ce qui précède avait été amené à son état actuel, et que mon manuscrit ayant été sous Presse durant plusieurs mois, la plupart en avait été imprimée<sup>37</sup>, je suis tombé sur le traité de *Lalouvère* au sujet de la Cycloïde, édité à Toulouse quelques ans auparavant, mais parvenu (dit-on) tout récemment à l'Angleterre<sup>38</sup>. Là, on trouve effectué, par sa propre méthode, le calcul de divers Cas de la Cycloïde et de ses Solides, et de leurs Centres de gravité. Quoique je n'aie pas encore le temps d'examiner toute sa méthode<sup>39</sup>, et qu'au premier abord, elle paraisse assez compliquée, je l'estime toutefois saine, du moins pour l'essentiel. Je dis cela principalement parce que les résultats de son calcul (au moins dans très nombreux cas que j'ai examinés) se trouvent conformes aux nôtres. Même s'il y a désaccord, (ce qui se rencontre en peu d'endroits<sup>40</sup>), cela semble imputable à quelque lapsus fortuit du Calcul (qui sera pardonnables), plutôt qu'au défaut de la Méthode. Du reste, cela doit s'entendre aussi de notre côté, si un lapsus de calcul (à plus forte raison, de plume, et aussi d'Impression) s'est glissé quelque part dans nos écrits, (ce qui peut arriver aisément, et sera contrôlé difficilement dans un calcul si compliqué). En tout cas, je suis sûr d'avoir partout montré ma Méthode de façon suffisante. Et, sur le Calcul lui-même, je ne crains pas beaucoup.

Que Lalouvère s'épanche en plainte comme s'il avait été moins honnêtement traité que les autres<sup>41</sup>, je ne m'en étonne pas, moi qui avais éprouvé plus souvent le même traitement de la part de ceux dont il se plaint ici<sup>42</sup>. Mais,

<sup>37</sup> Pour l'interprétation des mots "son état actuel" (Il: 133–134) et "la plupart" (Il. 134–135), voir la section III ci-dessous.

<sup>38</sup> Il s'agit de l'ouvrage d'Antoine de Lalouvère: *Veterum geometria promota in septem de cycloide libris, et in duabus adjectis appendicibus*, Tolosae, 1660. Nous verrons bientôt (III) que Wallis en prit connaissance vers septembre 1668. On peut d'ailleurs consulter ici utilement le passage suivant de la lettre de Collins à Vernon, datée du 4 avril 1671, style ancien: "We are here so unhappy that we cannot get books that are common to be had in Paris, as Laloverae Treatise de Geometria Veterum promota in septem de Cycloide libris, and Leotaud's last book entitled Cyclomathia [sic], which books were extant six years before Dr. Wallis heard of either, though he was not a little concerned in both. At length, by my means, there was, with trouble enough, one of each kind procured for him: and I think there are no more in England" (Rigaud, *Correspondence of scientific men*, Oxford, 1841, réimp. photogr., Hildesheim, 1965, t. I, p. 163. (L'ouvrage mentionné de Vincent Léautaud parut au Leyde en 1663, sous le titre de *Cyclomathica seu multiplex circuli contemplatio tribus libris comprehensa, etc.*)

<sup>39</sup> La *Mech. pars II*, p. 462, ne porte pas "totam" pour "toute sa méthode".

<sup>40</sup> Voir la note 53 ci-dessous.

<sup>41</sup> Voir l'ouvrage cité dans la note 38, pp. 19–20, 83–85, 127–134, et 235.

<sup>42</sup> C'est ce que Wallis soupçonnait déjà fortement dans le Préambule du *Tract. post.* (Mém. 2, surtout pp. 233–234, trad., 11. 42–71). Il faut pourtant dire que si sa communication au sujet de la cycloïde avait été totalement négligée dans l'*Histoire de la roulette*, Wallis ne fut jamais l'objet de l'accusation de plagiat sous la plume de Pascal. Nous savons du reste que la critique pascalienne sur la communication de Wallis était exacte sauf à l'égard d'un seul point (Mém. 1, pp. 179–182).

déjà avant nous, Descartes s'en était plaint encore plus souvent, (comme il se voit partout dans ses Lettres publiées<sup>43</sup>). Et que Torricelli (pour ne pas citer davantage) ait été traité de la même manière, cela est clair par l'Apologie que *Carlo Dati*, ou quelqu'un d'autre, a publiée pour lui, sous le pseudonyme de *Timauro Antiate*, à Florence en 1663, en Langue Italienne<sup>44</sup>. En tout cas, il y a des personnes qui proposent (pour ne pas dire "vendent" ou "jettent") aux *Mathématiciens de toute l'Europe*<sup>45</sup> de résoudre leurs Problèmes, (comme si les autres avaient assez de loisir pour s'occuper exclusivement de ce travail afin de terminer les besognes de ceux-là). Si nous négligeons ces problèmes, ils insultent. Si nous les résolvons, ils se fâchent, incriminent, chargent d'opprobres et accusent de plagiat, (comme si eux seuls savaient les résoudre, et qu'il fût impossible pour les autres d'atteindre quelque hauteur en Mathématiques sans avoir volé dans leurs coffrets). C'est pourquoi, publiquement provoqué et harcelé parfois depuis bien des années, je me suis toutefois abstenu presque religieusement, pour n'avoir plus cette sorte de commerce avec ceux auprès de qui on ne peut pas impunément parler, ni se taire. Mais, par trop harcelé tout récemment, j'ai rompu silence<sup>46</sup>.

Quoi qu'il en soit, je ne comprends pas pourquoi on paraît s'efforcer là de feindre que *Dettonville* soit autre que *Pascal*, (feinte remarquée par *Lalourière* aussi). Je les ai toujours regardés comme identiques, et il en est de même aujourd'hui. En fait, *Lalourière* montre (dans son traité) leur identité avec

<sup>43</sup> Les démêlés, pris au sens large, entre Descartes et Roberval (Pascal ne pouvant pas être ici invoqué) se retracent en maints endroits des tomes II et III des *Lettres de Descartes* que Clerselier avait publiés en 1659 et 1669. Bornons-nous à indiquer les endroits correspondants dans les *Oeuvres de Descartes*, publiées par C. Adam et P. Tannery, Paris: t. II, pp. 27, 49, 90–91, (104–114), 135, 141, 146–149, 154–158, 174–179, 265–266, 274, 331–332, 336, 394–395, 400–402, 406–407, 434–435, 463, 466; t. III, p. 482; t. IV, pp. (420–428), 429–433, 498–499, 543–551, 552–556, 558–562, 595–597, 621–623; t. V, pp. 208, 257, 366–367, 391–401, (413–422). Les parenthèses indiquent des lettres d'autres personnes que Descartes. Ajoutons la Préface de Clerselier à son t. III, reproduite dans l'éd. citée, t. V, pp. 646–649. Or, à part l'exagération contenue dans le mot de Wallis "partout" (1.155) (passim), on sait aujourd'hui que le philosophe fut loin d'avoir toujours raison contre Roberval. Sur ce sujet assez vaste, on peut consulter utilement l'ouvrage de Tannery: *Correspondance de Descartes dans les inédits du fonds Libri*, Paris, 1893, reproduit dans ses *Mémoires scientifiques*, Paris-Toulouse, t. VI, pp. 153–262.

<sup>44</sup> *Lettera a Filaleti di Timauro Antiate della vera storia della cicloide e della famosissima esperienza dell'argento vivo*. T. Antiate est le pseudonyme que prend ici, comme quelquefois ailleurs, Carlo Dati (1619–1679), disciple de Torricelli, et professeur, dès 1648, de langues grecque et latine à l'Université de Florence.

<sup>45</sup> "Totius Europae Mathematicis", allusion à la première circulaire pascalienne, qui porte, en fait, "praestantissimis toto orbe geometris" (*Pascal*, t. VII, p. 343). Cf. Mém. 1, p. 168, trad., pass. 2, ll. 1–2.

<sup>46</sup> Il s'agit sans doute de la polémique entre Wallis et François Dulaurens, auteur des *Specimina mathematica duobus libris comprehensa etc.*, Parisiis, 1667. La réplique de Wallis se trouve aux endroits suivants des *Philosophical transactions* de 1668, style ancien: no. 34, April 13, pp. 654–655; no. 38, August 17, pp. 744–750; no. 39, September 21, pp. 775–779; no. 41, November 16, pp. 825–832. Voir aussi la section III, où nous tenterons de dater la composition du Scholium.

178 des preuves<sup>47</sup>, à tel point que personne n'en doutera, du moins jusqu'à ce qu'un autre *Dettonville* (différent de *Pascal*) puisse se trouver. D'autre part, par suite de la lettre que *Pascal* avait adressée à *Wren*, (avant que le Proposant des Problèmes se soit nommé *Dettonville*), il n'était pas difficile à conjecturer que cette personne avait été précisément l'Auteur de ces Problèmes<sup>48</sup>. D'autre 180 part encore, M. *Carcavy*, dans une lettre qu'il m'a adressée, a beau distinguer *Dettonville* d'avec *Pascal*, (comme s'ils n'étaient pas une seule et même personne<sup>49</sup>), M. *Huygens*, (par l'intermédiaire de qui M. *Carcavy* a pris le soin de me transmettre quelques exemplaires du livre de *Dettonville* à distribuer à quelques autres personnes<sup>50</sup>, M. *Huygens* que j'ai donc pensé avoir connu 185 tant l'intention de *Carcavy* que l'auteur même du livre), m'a écrit comme suit dans sa lettre, datée de *La Haye*, le 9 Juin 1659. *Si je n'ai pas jusqu'ici répondu à votre dernière lettre, c'est parce que depuis longtemps, j'attendais de sa part des exemplaires de ce livre de Dettonville ou Pascal, lesquels je lui ai reconnu l'intention de m'envoyer pour me charger du soin à votre égard.* *Carcavy* 190 *désire que je vous en remette quatre exemplaires; vous voudrez bien en passer chacun à MM. Wren, Ward, et Hobbes. Il désire aussi qu'après l'examen de l'ouvrage de Dettonville, quelqu'un lui communique son sentiment*<sup>51</sup>. Enfin, au dire de notre *Wren*, revenu de Paris il y a trois ans (en 166)<sup>52</sup>, (il s'était quelque peu attardé là), *Pascal* avait été regardé là comme Auteur de ce livre, sans protestation ni doute de personne (pour autant qu'il avait observé). Si au contraire nous nous sommes tous trompés, (je le croirais difficilement), et qu'un jour, on voie apparaître un *Dettonville* autre que *Pascal*, cela me sera certainement indifférent. (Bien sûr, cela ne me fera ni chaud ni froid.) Du moins

<sup>47</sup> Voir l'ouvrage cité dans la note 38, pp. 20, 29–30, 46, 83–85, 127–134, 141–142, et 168–169.

<sup>48</sup> Il s'agit de la lettre mentionnée dans la note 16. Cf. Mém. 1, p. 170, trad., pass. 5, 1.6.

Dans la même Praefatio du *Tract. prior*, Wallis écrivait qu'à la lecture de cette lettre de *Pascal*, il avait faire un loup de la fable (mihi subolebat lupus in fabula) (*Tract. duo*, 5<sup>e</sup> page; *Op. math.*, t. I, p. 494).

<sup>49</sup> Il doit s'agir de la lettre de *Carcavy* à *Huygens* du 7 mars 1659, transmise par ce dernier à *Wallis*, et dans laquelle était annoncé l'envoi de quelques "Exemplaires des traités de Monsieur *Dettonville*". Voir les *Oeuvres complètes de C. Huygens, publiées par la Société Hollandoise des Sciences*, La Haye (par abrév. *Huygens*), t. II, p. 364. *Walls* mentionnait déjà cette lettre dans le Préambule du *Tract. post.* (Mém. 2, p. 232, trad., 11. 7–9).

<sup>50</sup> *Wren*, *Hobbes* et *Ward*, comme on va voir à la ligne 191. Il s'agit encore de la lettre mentionnée dans la dernière note (*Huygens*, t. II, p. 364). *Seth Ward* (1617–1689) était professeur d'astronomie à Oxford dès 1649.

<sup>51</sup> *Wallis* mentionnait aussi cette lettre de *Huygens* dans le Préambule du *Tract. post.* (Mém. 2, p. 232, trad., 11. 2–8).

<sup>52</sup> Cette indication entre parenthèses, où il manque malheureusement le dernier chiffre, fut ajoutée dans les *Op. math.*, t. I, p. 891. Peut-être ce millésime tronqué est-il imputable à la confusion du typographe, causée par le voisinage, dans le texte, des numéros semblables donnés à des figures utilisées, et dont on n'a rencontré qu'un exemple à la ligne 89 du présent Scholium. Cf. la section III. *Wren* revint de Paris en Angleterre pendant l'hiver 1665–1666, et l'on en ignore le quantième. Cf. Mém. 1, p. 184, n. 11, fin.

jusqu'ici n'ai-je trouvé personne d'autre.

58

[3] Le Lecteur trouvera d'ailleurs, dans mes écrits, que non rarement, une même quantité est désignée de plusieurs façons (mais qui sont équivalentes). J'ai ainsi fait parce que tantôt un mode d'expression, tantôt un autre, peut paraître plus commode (là où il s'agira de la réduction pratique); aussi ai-je tenu compte de la commodité du Lecteur, pour qu'il choisisse (devant les réductions déjà effectuées par moi) le mode de désignation qui lui semblera plus intéressant ou plus commode pour ses usages. Pour mieux dire, il peut exister encore d'autres modes (que je n'ai pas exposés dans la crainte d'être trop long) pour désigner les mêmes quantités, suivant qu'on veut instituer d'autres et d'autres réductions.

D'ailleurs le lecteur trouvera partout que j'ai cherché à déterminer les mêmes quantités par plusieurs méthodes, et en ai conduit le calcul selon elles. J'ai ainsi fait, tantôt pour donner une idée claire de ces diverses Méthodes, (et pour montrer par là comme nos principes sont abondamment efficaces à exposer de maintes façons ces quantités cherchées); tantôt pour m'assurer davantage de l'exactitude du calcul effectué, que si je l'avais poursuivi d'une seule façon. Nul, même un inexpérimenté, ne peut ignorer combien facilement un lapsus se glisse dans un calcul compliqué. Pour éviter donc de tels lapsus, j'ai pensé qu'il fallait attentivement veiller à ce que le calcul fût effectué selon plusieurs méthodes dans presque tous les cas, où une erreur introduite dans une partie irait recouvrir largement encore d'autres parties qui en dépendaient; de sorte que je fusse plus sûr de l'exactitude du calcul institué, en vertu de l'accord de plusieurs méthodes (qui recevraient l'une de l'autre les forces des Epreuves ou Examens). C'est ainsi que j'ai été, ici encore, plus sûr du Calcul comme tout à fait correctement institué, même avant de constater (ce qui m'est arrivé tout récemment, après que j'avais terminé tout le calcul) l'accord des mesures données par *Lalouvère* avec les nôtres.

Mais les choses relatives à la Cycloïde ayant été expliquées plus longuement (ainsi qu'il a été dit<sup>53</sup>), nous exposerons plus brièvement le reste qui va

<sup>53</sup> Nous avons omis 47 lignes de nature purement technique, où l'auteur signale deux erreurs dans les résultats de Lalouvère. Désignons, avec Wallis, par R et P, le rayon et la périphérie du cercle C de la Fig. 166. En premier lieu, la solution exacte du problème  $1.3'_{VA}$  dans le cas où  $Vb$  coïncide avec  $Cd$ , est  $(6RP^3 + 144R^2P^2 + 216R^3P - 2816R^4)/(9P^3 + 144RP^2 - 240R^2P)$ , mais Lalouvère donne 512 au lieu de 2816 (*Op. cit.*, lib. 4, prop. 36, p. 126), erreur déjà signalée par Tannery dans ses *Mém. sci.*, t. VI, p. 108. Voir aussi l'*Addition à la suite de l'histoire de la roulette (Pascal)*, t. IX, p. 168). En second lieu, la solution exacte du problème  $(2.3')_{AA}$  est  $(90RP^2 - 2048R^3)/(45P^2 - 120RP)$ , alors que Lalouvère donne  $(18RP^2 + 48R^2P - 544R^3)/(9P^2 - 24RP)$  (*ibid.*, lib. 5, prop. 59, p. 210). Mais Wallis termine ces lignes par la remarque se traduisant ainsi: "ce désaccord en peu d'endroits sera imputable, non au défaut de sa Méthode, mais à quelque lapsus de calcul" (*Mech. pars II*, p. 465; *Op. math.*, t. I, p. 862).

<sup>54</sup> Voir le Scholium, 11. 1-4.

suivre. Car, si je voulais tout examiner en détail, ce Chapitre augmenterait  
<sup>230</sup> immensément. Il s'est déjà prolongé beaucoup plus que je ne l'espérais.

### III. Observations chronologiques

A quel moment les Prop. 17–22 furent-elles rédigées? Nous l'ignorons. Du moins en trouvons-nous une limite postérieure dans la lettre que Wallis adressa à Collins le 10 septembre 1668, style ancien:

Sir, / The business of this is to desire you to do me the favour to transcribe two or three propositions out of my papers, (which, I suppose, are with my Lord Brounker,) to send away with the enclosed letter to Lalovera. They are those about the cycloid, and are (as I remember) Prop. 18, 20, and 21, De <sup>5</sup> calculo centri gravitatis, which in those papers is called the fifth chapter, if I mistake not the numbers: you will however find them to be these. The first of them gives the measures and centre of gravity of the cycloidal plane and the parts thereof, after which is another of the figure of sines, right and versed, or the solids thereof, which you may omit. Then the next, Of the measures and <sup>10</sup> centres of gravity of the solids of the cycloid and its parts. The last, Of the surfaces of those solids...

My sending of these to Lalovera, is to let him see that we had not our numbers from him, though possibly they may agree with his; which they must do if both be right<sup>55</sup>. (cit. 1)

Il s'agit bien du manuscrit de la *Mechanica*; les mots tels que “De calculo centri gravitatis” (ll. 4–5) et “the fifth chapter” (1.5) ne laissent aucun doute là-dessus. Les Propositions qui nous intéressent avaient donc été rédigées avant septembre 1668.

Cependant, la désignation “Prop. 18, 20, and 21” (1.4) ne s'accorde pas à l'état du texte publié. Vu les contenus respectifs des propositions, précisés par l'auteur lui-même, il faut entendre, à leur place, les Prop. 20, 21, et 22. Wallis s'est-il trompé, comme il le craint, en citant par mémoire (ll. 4, 6)? Mais une différence de structure entre ces deux suites de chiffres ne manque pas de nous arrêter. Etait-il possible de confondre, même en mémoire, une suite de trois nombres consécutifs, avec une autre contenant un saut parmi ses termes, saut dû à l'omission d'une proposition traitant des fonctions trigonométriques (ll. 8–9)? Au lieu, donc, de supposer une erreur de mémoire chez l'auteur, ne faut-il pas penser à un remaniement postérieur du texte?

Cette conjecture se trouve pleinement justifiée, croyons-nous, par l'examen des figures annexes de l'ouvrage considéré.

Après la *Mechanica, pars prima*, se terminant avec la Fig. 80, la *Pars secunda* utilise les Fig. 81–165 avant la fin de la Prop. 16 du Caput V. Tout est normal jusqu'à là. Mais, dès la Prop. 17 envisageant des fonctions trigonométriques, et

---

<sup>55</sup> Rigaud, *Corr. o. sci. men*, t. II, pp. 498–499.

préparant ainsi les Prop. 20–22, un désordre considérable apparaît dans la numérotation des figures. Et les calculs relatifs à la cycloïde une fois terminés, tout redevient normal à partir de la Prop. 23.

Voici la table des figures, suivant leur premier emploi dans chacune des Prop. 17–22. Les courts traits verticaux marquent les sauts de numéro demandant une attention particulière. (Les sauts non marqués s'expliqueront d'eux-mêmes.)

- Prop. 17. Fig. 169, 170, |186, |171, 172.
- Prop. 18. Fig. 170, 169.
- Prop. 19. Fig. 169, 170.
- Prop. 20. Fig. 166, 167, 168, 169, 170, |173, 174, 175, 176.
- Prop. 21. Fig. 166, 168, 170, 173, 174.
- Prop. 22. Fig. 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 170, 185, |187, 188, 175.

Pour plus de clarté de notre argument, une Proposition, considérée comme énoncée dans le manuscrit dont il est question dans la citation 1, sera désormais indiquée au moyen du numéro prime.

Vu que la Fig. 166, ayant le numéro le plus bas, apparaît au début de la Prop. 20, et qu'à l'absence des Fig. 171, 172 près, les autres figures y sont normalement numérotées, il est très naturel de penser que cette Proposition a été rédigée, en réalité, immédiatement après la Prop. 16 ou 16'. Autrement dit, cette Prop. 20 ne serait que l'ancienne Prop. 17', et dès lors, il est encore naturel d'entendre les Prop. 17', 19', 20', au lieu des Prop. 18', 20', 21', confusion beaucoup plus facile à supposer chez Wallis que celle que nous avons momentanément évoquée ci-dessus.

C'est donc la Prop. 18' qui devait traiter des sinus droits et verses (11.8–9). Mais l'auteur se serait avisé, un jour après le 10 septembre, de la déplacer avant la Prop. 17', en la divisant, ou plutôt élargissant, en trois parties, lesquelles seraient ainsi devenues les Prop. 17, 18, 19. C'est dire que des fonctions trigonométriques, qui ne jouaient jusque là qu'un rôle auxiliaire pour la résolution des problèmes de la cycloïde<sup>56</sup>, ont fini par faire l'objet d'une étude indépendante, ce qui certes convient mieux au point de vue théorique générale. Peut-être la recherche de Wallis était-elle déjà assez avancée pour lui permettre d'effectuer sans grande peine cet élargissement de la Prop. 18'. Toujours est-il que les Fig. 186, 171, 172 n'y étant pas indispensables comme nous le montrerons tout à l'heure, l'auteur n'eut, pour ce but, qu'à reprendre les Fig. 169, 170. En fin de compte, nous croyons découvrir ici une influence heureuse du concours pascalien: Wallis en aurait reçu une stimulation pour la recherche approfondie des fonctions trigonométriques.

Par suite de cette modification du texte, les Prop. 17', 19', 20' seraient devenues respectivement les Prop. 20, 21, 22, avec ce changement mineur, que les arguments auxquels s'étaient rapportées les Fig. 171, 172 dans la Prop. 17', et celui auquel s'était rapportée la Fig. 186 dans la Prop. 20', auraient tous été transportés dans la Prop.

---

<sup>56</sup> Voir notre Mém. 1, p. 186, n. 25.

17. Nous comprenons bien le motif de cette transposition. La Fig. 186 est destinée à une seconde démonstration de la quadrature, auparavant établie, de la "Figure des sinus verses"<sup>57</sup>, et les Fig. 171, 172 montrent l' "intersection d'un Cylindre et d'un Plan" dont Wallis est si fier dans le Scholium (ll. 70-71), et qui fournit un troisième moyen de quadature de la même "Figure"<sup>58</sup>.

Rien ne nous permet, dans l'état actuel de nos connaissances, de trouver la date de ce remaniement considérable du texte. Sans doute la numérotation désordonnée des figures témoigne de la précipitation de l'auteur. Mais il ne conviendrait pas d'alléguer ici la sommation de l'imprimeur. Car Wallis nous avertit que "presque la moitié" de la *Pars secunda* avait été imprimée lorsque la *Pars prima* fut éditée à la fin de 1669<sup>59</sup>. Or c'est la Prop. 19 qui se place juste au milieu de la *Pars secunda*, de sorte qu'il aurait eu encore une année devant lui pour effectuer ce remaniement. En tout cas, le début de la section 2 du Scholium nous apparaît maintenant sous une nouvelle lumière. Les mots "son état actuel", ll. 133-134, doivent être pris largement, de manière à admettre une modification postérieure. Ensuite, la "plupart" du manuscrit dont parle l'auteur à la ligne suivante devrait avoir pour limite la Prop. 16, à moins qu'il n'ait osé retoucher au texte une fois imprimé. Car la lettre que Wallis adressa au même Collins le 26 septembre 1668, style ancien, montre qu'il connaissait alors certainement l'ouvrage de Lalouvère au sujet de la cycloïde, mais nous croyons difficilement qu'il ait déjà effectué ce jour-là le remaniement du texte suscitant la nouvelle Prop. 17.

La seconde lettre de Wallis que nous venons de mentionner contient en effet le passage suivant:

"There is no haste of sending to Lalovera, till we hear wether he be dead or alive. Yet I could be content I had one of his books, De Cycloide, for myself, for that I have must be returned to Mr. Oldenburg, and of his Tetragonismus, (for I have neither of them,) if they be to be had. I do not find but his method (for the main) may be sound, but perplex enough, and his figures not clear, nor so fitted as to be understood without difficulty; and in some of his calculations there be some mistakes; but I believe I shall hardly take the pains to examine his methods so particularly as to make myself master of them, because I think I have methods of my own much more clear and easy; and I believe 10 you will think so by that time what you have of mine is printed<sup>60</sup>." (cit. 2)

A quel moment Wallis emprunta-t-il à Oldenburg cet exemplaire de l'ouvrage de Lalouvère? L'air d'incertitude à la fin de la précédente citation 1 (ll. 13-14) n'interdit pas de situer cet emprunt avant le 10 septembre 1668. Il se peut que

<sup>57</sup> *Mech. pars II*, pp. 290-291; *Op. math.*, t. I, p. 757. La quadrature de la Figure des sinus verses fut d'abord établie sous la rubrique A (*Mech. pars II*, pp. 286-289; *Op. math.*, t. I, pp. 754-756).

<sup>58</sup> *Mech. pars II*, pp. 304-305; *Op. math.*, t. I, pp. 765-766.

<sup>59</sup> Voir "Ad lectorem monitio", *Op. math.*, t. I, p. 644. Sur la date de publication de la *Mach. pars I*, voir *ibid.*, p. 571, et la lettre de Wallis à Collins du 11 janvier 1669-70, style ancien (Rigaud, *Corr. o. sci. men.*, t. II, p. 520).

<sup>60</sup> Rigaud, *Op. cit.*, t. II, p. 501.

déjà disposant d'un exemplaire, Wallis ait jugé moins urgent d'examiner l'ouvrage confus de Lalouvère, que de lui prouver l'indépendance de ses propres résultats par rapport aux siens. Auquel cas, il faudrait toutefois penser à un emprunt récent, puisque Wallis ne devait pas être longtemps sans se pencher sur l'exemplaire emprunté.

L'emprunt eut-il lieu après le 10 septembre? Eventualité plus malaisée à accepter, à moins de supposer, entre ce jour et le 26 septembre, l'expédition d'une autre lettre de Wallis à Collins. Car, sans l'avoir averti là-dedans de l'heureuse intervention d'Oldenburg, Wallis se bornait-il, le 26 septembre, à la mentionner en si peu de mots (1.3)? Mais enfin, rien ne prouve l'existence d'une telle lettre intermédiaire.

Contentons-nous donc du fait que ce 26 septembre, Wallis, ayant déjà feuilleté l'ouvrage de Lalouvère, en émet un jugement assez ferme. Encore faut-il remarquer un ton évasif dans la citation 2 (1.7).

Or la section 2 du Scholium renferme un jugement encore plus ferme au sujet du travail du Père toulousain (ll. 139–145). Dans la partie non traduite de la même section, l'auteur va jusqu'à énumérer les erreurs commises par ce dernier<sup>61</sup>. Il faut partant qu'après le 26 septembre, Wallis ait relu plus attentivement l'ouvrage du Père, et donc aussi que cette section 2 ait été rédigée elle-même après ce jour-là. A quel moment alors? Nous savons que dans la même section, Wallis fait remonter de trois ans le retour de Wren en Angleterre (l. 193), ce qui semble permettre de situer le moment cherché avant le début de 1669<sup>62</sup>. Une incertitude subsiste toutefois dans cette datation, car Wallis aurait pu compter très largement ces "trois ans". Il est regrettable que le millésime donné par lui-même pour ce retour de Wren ne nous soit parvenu que tronqué.

Nous venons de situer la rédaction de la section 2 après le 26 septembre. Mais gardons-nous d'appliquer le même argument à tout le Scholium. L'insertion tardive de la section 2 peut se concevoir, surtout après le remaniement ci-dessus observé des Propositions. Même au cas contraire, nos observations antérieures sur la position de Wallis à l'égard de Pascal nous portent à penser qu'il aurait rédigé la section 1 immédiatement après la Prop. 20' (prototype de la Prop. 22). Il se peut aussi qu'il ait rédigé la section 3 d'un trait de plume, comme semblent l'indiquer les dernières lignes 227–230. Dans ce cas toutefois, il faut évidemment que les lignes 224–226, relatives à l'ouvrage de Lalouvère, aient été ajoutées postérieurement, peut-être lors de l'insertion de la section 2<sup>63</sup>. Et il n'est pas même impossible que Wallis y ait surajouté les quatre dernières lignes, en leur donnant une apparence d'ancienneté, tactique admissible chez un auteur.

---

<sup>61</sup> Voir la note 53 ci-dessus.

<sup>62</sup> Cf. la note 52 ci-dessus.

<sup>63</sup> Le tour "tout récemment" (1.225) (nuperrime) permettra-t-il de mieux dater l'addition de ces 3 lignes? Nous ne le croyons pas, si du moins la note antérieure 46 ne nous trompe. Car, dans le passage visé par cette note-là, et appartenant à la section 2, l'auteur se servait du même tour (l. 170) pour indiquer un événement déjà vieux de plus de 5 mois (avril 1668). Les mots "tout récemment" devraient donc être pris très largement.

# Paul Langevin and the Theory of Relativity

Camillo CUVAJ\*

... une montée pleine de tournants imprévus  
et riche de découvertes, en vue de ce sommet  
tout enveloppé en brume...

LANGEVIN (1933)

## I. Introduction—Historical Background

Paul Langevin (1872–1946) is well-known for his exceptional work on magnetism, but his impressive work on relativity<sup>1</sup> has not been sufficiently appreciated. One should not neglect fascinating objects when they are eclipsed by more brilliant objects!

Lorentz, Poincaré and Einstein were historically the main pioneers in special relativity, building the theory to its culmination in 1905. Moreover, other workers participated significantly. Nor did the story end there since theoretical and experimental work had to follow: extensions, applications, interpretations and clarification of special relativity—here was the role of Planck, Minkowski and Langevin! The last major contribution to special relativity<sup>2</sup> by Einstein was made in 1907, by Poincaré in 1906, and Planck in 1908; Minkowski died in 1909 (of appendicitis) and Poincaré died in 1912, while in the succeeding decade Lorentz made valuable contributions only on a topic or two.

The development of special relativity (starting in 1911) was continued mainly by Langevin, who did essentially the most that was possible in special relativity after

---

\* 6047 Palmetto St., Brooklyn, New York 11227, USA.

<sup>1</sup> Langevin's collected articles are in his three books: *Oeuvres Scientifiques de P. Langevin* (Paris: Centre Nat. Rech. Sci., 1950), *La Physique depuis vingt ans* (Paris: G. Doin, 1923), *Izbranye Trudy* (Moscow: Izdat. Akad. nauk SSSR, 1960). Bibliographies are in his "Oeuvres" and in *La Pensée*, mai-juin 1947, 82–87.

His obituaries are in *La Pensée*, mai-juin 1947, by A. Cotton (pp. 21–30), A. Einstein (pp. 13–14), P. Le Rolland (pp. 34–40). Best surveys of his work: J. Becquerel, *Le Principe de Relativité et la théorie de gravitation* (Paris: Gauthier-Villars, 1922), pp. 42, 105–111, 243–244; O. Stasovelskaya-Nikitina, *Pol Lanzheven* (Moscow: Gos. Izdat. fiz.-mat. lit., 1962), ch. 5–6; Ya. Dorfman, in Langevin's *Izbranye Trudy*, pp. 721–746; Yu. Geyvish, *Pol Lanzheven* (Moscow: Izdat. Akad. nauk, 1955); H. Arzeliès, *Relativistic Kinematics* (New York: Pergamon Press, 1966), pp. 79, 140, 187–189, 240; *idem*, *La Dynamique Relativiste* (Paris: Gauthier-Villars, 1957), Vol. I, pp. 21–22; Vol. II, p. 406; *idem*, *Relativité Généralisée* (Paris: Gauth.-Vill., 1961), Vol. I, p. 347.

<sup>2</sup> Einstein, *Ann. Physik*, 1907, 23: 371–384; *Jahrb. d. Radioakt.* 1907, 4: 411–462; for Poincaré and Planck see C. Cuvaj, *Am. J. Phys.*, 1968, 36: 1103, 1105; 1970, 38: 774–775.

Minkowski and with more clarity and elegance than *any* of the other principal workers in relativity. One may emphasize that he clarified and extended the work of Einstein and Minkowski. Langevin even contributed to the foundations of the theory by his independent pioneering work on the mass-energy connection in 1905. Many of the most puzzling problems of special relativity were either initially solved by Langevin or given their simplest solution by him. The simplicity, originality, and excitement characterizing his work are impressive. To learn relativity, improve one's understanding, and learn of new approaches, one need only turn to Langevin's work.

One may note some interesting parallels between the cases of Langevin and Henri Poincaré (1854–1912), the other leading French contributor to special relativity. I have shown elsewhere<sup>3</sup> that Poincaré's work in relativity had been often misunderstood and the main parts of it neglected in general. There is a unique difficulty in studying their work, originating mainly from incompleteness of original sources: Poincaré's elliptical presentation and Langevin's lost or unpublished work. Both of them exerted no crucial influence on the trend of relativity. This is not too surprising in Langevin's case as he did not publish some of his most important basic work. Langevin's (and Poincaré's) work is interesting *per se* because of its quality and originality regardless of its external influence (or lack of it). Although relativity without Langevin and Poincaré would not have developed in a very different way, both Frenchmen could have achieved special relativity in a *full* version around the turn of the century, had the circumstances been slightly different—this alone is impressive. Otherwise, one should note that Langevin and Poincaré were very different professionally and personally. For example, Poincaré retained the ether-concept up to his death, while Langevin ascribed much less significance to the ether and even gave it up after 1911. In addition, Poincaré and Langevin exerted little influence<sup>4</sup> on each other in relativity.

After 1905 it was also important to make relativity more available for others—or to popularize it; again, Langevin distinguished himself. This was no easy task because of the resistance and slow accommodation of physicists to the new revolutionary theory of Einstein. Even some great scientists did not adjust well.<sup>5</sup> Joliot-Curie referred to the situation as, “le combat de la relativité.”<sup>6</sup> As late as the 1920's

<sup>3</sup> Cuvaj, *op. cit.*

<sup>4</sup> Although Langevin referred to Poincaré as “maître” in his obituary (“H. Poincaré,” *Revue de Métaphys. et de Morale*, 1913, 21: 718), this may have been mainly a term of reverence for the great man (whose books he read and some of whose Sorbonne class-lectures he must have heard probably in 1898–1900) for Langevin later considered his principal teachers or guides to have been Pierre Curie, Marcel Brillouin and J. J. Thomson (Staroselskaya, “Lanzheven,” p. 21). Langevin and Poincaré travelled together in 1904 to St. Louis (Missouri) to the Congress of Art and Science. Langevin taught for some 40 years at the Collège de France while Poincaré taught mainly at the Sorbonne.

<sup>5</sup> For example, Lorentz favoured the ether, absolute space and time up to his death in 1928; see S. Goldberg, *Am. J. Phys.*, 1969, 37: 990–993; A. Einstein, H. and M. Born, *Briefwechsel* (Munich: Nymphenburger Verlagshandlung, 1969), pp. 264–265, 72.

<sup>6</sup> F. Joliot-Curie, *La Pensée*, mai-juin 1947, 37.

there was frequent confusion and opposition.<sup>7</sup> For example, the French mathematician Paul Painlevé misunderstood relativity and engaged in controversy, but after 1922 turned relativist. Langevin showed his benevolence by his noble treatment of his critics in relativity, such as Painlevé and Picard, who attacked him strongly, while Langevin just had kind words for them<sup>8</sup>. His humor and wit shows in his words to P. Frank: “Painlevé studied Einstein’s work very closely, but unfortunately not until after he had written about it. Perhaps he is used to this sequence from politics.”<sup>9</sup> Many physicists were confused or ignored important advances; Poincaré’s writings on relativity up to his death in 1912 totally ignored Einstein and Minkowski. Even today special relativity can still be puzzling and controversies abound; new contributions and approaches to special relativity are frequent, many such still being published.

Yet, Langevin eagerly adopted relativity and was one of the few to do so—making himself famous and notorious. Moreover, Einstein wrote in Langevin’s obituary, originally in French:

It appears certain to me that he would have developed the special theory of relativity, had that not been done elsewhere; for he had clearly perceived its essential aspects.

Langevin had extraordinary clarity and vivacity in scientific thought, together with a sure intuitive vision for the essential points.<sup>10</sup>

At times Einstein even referred to relativity theory as the theory of Langevin-Einstein.<sup>11</sup> Indeed, Langevin’s work has a similar simplicity and elegance to Einstein’s. In addition, he knew experimental physics well.

In 1922, Jean Becquerel<sup>12</sup> discussed much of Langevin’s work up to then and called Langevin “the great initiator and defender of relativistic theories in France.” Opponents of relativity called Langevin “the ‘apostle’ of the new ‘religion’ [relativity],” to which Becquerel replied that the study of relativity requires not faith or adoration but just an examination of facts.<sup>13</sup> Historians of science in the Soviet Union have paid a lot of attention to Langevin’s work in relativity, in particular Staroselskaya-Nikitina. But these latter treatments contain no mathematics and are not thorough enough. As they are written in Russian and not readily available, an English treatment is much needed.

<sup>7</sup> This is also told by A. Metz, *La Relativité* (Paris: Chiron, 1923), with “Préface” by J. Becquerel; P. Frank, *Einstein—His Life and Times* (New York: A. Knopf, 1953), pp. 194, 203.

<sup>8</sup> Staroselskaya, *Lanzheven*, pp. 121–122.

<sup>9</sup> Frank, “Einstein,” p. 194. Painlevé (similarly to another French mathematician É. Borel) was a man of immense energy and held government positions of great importance.

<sup>10</sup> Einstein, *La Pensée*, mai-juin 1947, 13–14.

<sup>11</sup> Geyvish, “Lanzheven,” p. 22.

<sup>12</sup> Becquerel, “Relativité”.

<sup>13</sup> Becquerel, in Metz, *Relativité*.

## II. A Brief Chronological Survey of Langevin's Work in Relativity

In this section I briefly treat chronologically Langevin's contributions to relativity; thereafter three sections elaborate the new space-time, the twin paradox, and mass-energy.

It well pays to ask what contributions were made by the man whom Einstein considered a potential discoverer of the theory of relativity of 1905. Before starting, one should stress that independently of Einstein, in unpublished work, Langevin<sup>14</sup> discovered the mass-energy relationship, giving a more general derivation than Einstein's. Einstein admitted this in a conference in 1922.<sup>15</sup> Otherwise Langevin did not contribute much to the historical foundations of relativity. Einstein also said of Langevin: "... the fruits of his work appear more in the publications of other scientists than in his own ones."<sup>16</sup> Indeed, as will be shown later, much of his work was lost and the remains can be puzzling.

To evaluate the contributions by a contemporary of Einstein it is important to concentrate on his work just before and after Einstein's<sup>16</sup> articles starting in September 1905. Langevin's four earliest works relevant to relativity (February<sup>17</sup> and September<sup>18</sup> of 1904, March<sup>19</sup> and May<sup>20</sup> of 1905) already indicate his talents.

Although Langevin at first believed in the reality of the ether<sup>21</sup> in 1904–5, it was just regarded as the seat of electromagnetic phenomena, not as an entity to be represented mechanically. Later, he came to share Einstein's view of 1905, although in 1911<sup>22</sup> his ether seemed to have some qualities of absolute space because he regarded acceleration as absolute, as shown by electromagnetic waves emitted by an accelerated charge. For example, in 1912<sup>23</sup> in a chapter entitled "properties of ether" he referred to the ether simply in terms of the properties of the electromagnet-

<sup>14</sup> See E. Bauer, *La Théorie de la Relativité* (Paris: L. Eyrolles, 1922) p. 55; O. Costa de Beauregard, *La Théorie de la relativité restreinte* (Paris: Masson, 1949), p. 87; Staroselskaya, *Lanzheven*, p. 118; J. Abelé, *Arch. de Philos.*, 1956, **19**: 20; L. de Broglie, *Savants et Découvertes* (Paris: Albin Michel, 1951), p. 259.

<sup>15</sup> M. Morand, *La Nature*, 1922, **50**: 319.

<sup>16</sup> Einstein, *Ann. Physik*, 1905, **17**: 891–921, **18**: 639–641.

<sup>17</sup> Langevin, in H. Poincaré et al., *L'Enseignement des sci. mathém. et des sci. phys.* (Paris: Imprimerie Nationale, 1904), pp. 73–95; reprint in his *La Phys. . . . vingt ans*, pp. 424–453, (hereafter called: Langevin, 1904 A).

<sup>18</sup> Langevin, Sept. 1904 St. Louis lecture, *Revue gén. Sci.*, 1905, **16**: 257–276, (hereafter called: 1904 B).

<sup>19</sup> Langevin, *Jour. de Phys.*, 1905, **4**: 165–182.

<sup>20</sup> Langevin, *Compt. Rend.*, 1905, **140**: 1171–1172.

<sup>21</sup> Langevin, 1904 A, 1904 B; *Ann. Chim. Phys.*, 1905, **5**: 70–127.

<sup>22</sup> Langevin, *Scientia*, 1911, **10**: 47–48. See also T. Hirosgige, *Jap. Stud. Hist. Sci.*, 1968, **7**: 44–45, 49. Langevin thought that the radiation by an accelerated charge had an absolute sense so that one could detect one's acceleration by electromagnetic experiments *inside* an accelerated system. By 1919 he did not retain these ideas. On this still controversial topic see F. Rohrlich, *Phys. Today*, March 1962, **15**: 19–23.

<sup>23</sup> Langevin, "Les Grains d'électricité et la dynamique électromagnétique" (1912 conference); reprint in his *La Phys. . . . vingt ans*, pp. 70–170.

ic field without mentioning the ether as basic, absolute, resting, or referring to motion relative to it. This is consistent with relativity, Einstein's ideas, and the modern view.

Already by February of 1904 he recognized<sup>24</sup> the profound nature of Mach's criticism of Newtonian ideas, according to which, for example, for absolute space one should substitute the relationship of a body to other bodies in the universe, for only so does the motion of the body become observable. Langevin realized in 1904 the approximate nature of old mechanics and the obscurity of its foundations. According to Mach, an old theory (mechanics) need not be the basis of all physics (just because it is historically the oldest theory), for it may well be an insufficient theory.<sup>25</sup> Langevin considered electromagnetism to be more fundamental, accurate and appropriate as the basis of physics. However, he wisely saw the limitations of the electromagnetic description of the world, as in the case of gravitation.<sup>26</sup> He even believed mechanics to hold as a first approximation valid for macroscopic bodies (but not for enormous distances), neglecting radiation, for small velocities; so that it would not be valid for the electron. This showed quite a lot of insight before the work of Lorentz in May 1904,<sup>27</sup> Poincaré in 1904–5, and Einstein—before relativistic and quantum mechanics.

It is interesting to note Langevin's suggestion<sup>28</sup> of unknown forces holding an electron in equilibrium (against the mutual electrostatic repulsion of the charge) corresponding to a new kind of energy perhaps connected to gravitation. This may have influenced Poincaré who heard these ideas in Langevin's lecture at the 1904 Congress in St. Louis, so that he suggested the hypothetical "Poincaré stresses" in 1905.<sup>3</sup> In March 1905,<sup>19</sup> Langevin gave an elegant treatment of the velocity and acceleration fields of an electron, (introducing these names and this separation of the fields), and its energy and radiation. In May, he had the first satisfactory explanation of the Trouton-Noble experiment;<sup>28</sup> in fact other types of explanations have not been successful even up to the present, as was recently pointed out in a long-needed critical article by Butler.<sup>29</sup>

A curious fact is the relatively small number of publications by Langevin in the years 1906–1910 (inclusive); moreover, no publication on relativity. After having published 13 articles in 1905, he had apparently only six in 1906–10, and six in 1911–12. Was he "resting" after the busy year of 1905 or concentrating on his lecturing?

After this gap of several years, in which he did important unpublished work in relativity (more on mass-energy), appear Langevin's two articles of 1911,<sup>30</sup>

<sup>24</sup> Langevin, 1904 A, pp. 437–451.

<sup>25</sup> Langevin, 1904 B, p. 269.

<sup>26</sup> H. Lorentz, *Kon. Akad. Wet., Proc.*, 1904, 6: 809–831.

<sup>27</sup> Langevin, 1904 B, pp. 267–268.

<sup>28</sup> Appendix.

<sup>29</sup> J. Butler, *Am. J. Phys.*, 1968, 36: 936–941.

<sup>30</sup> Langevin, *Scientia*, 1911, 10: 31–54, (hereafter called: 1911 A); *Bull. Soc. Franç. Philos.*, 1912, 12: 1–46, (hereafter called: 1911 B).

(addresses at a congress of philosophy in Bologna and at a meeting of the Société française de philosophie in Paris), where he distinguished himself in his philosophical and physical treatment of the problem of time by clarifying<sup>31</sup> the concepts of causality, proper time, space-like and time-like intervals, and space-time in general. For example, he first established the unusual result that the interval in *space-time* is *maximum*, contrasted to that (of minimum) in *space* for uniform straight-line motion between two points. At this time Einstein's problem of twins (of 1905) and the relativistic explanation of the Michelson experiment also received the first thorough treatment, by Langevin.

In 1913,<sup>32</sup> Langevin even predicted the possibility of an enormous atomic energy release (now familiar in reactors and atomic bombs). He also applied  $E = mc^2$  to nuclei in explaining deviations from Prout's law of integral atomic "weights." In 1921–37 he first applied general relativity in detail to rotating discs,<sup>33</sup> treating Ehrenfest's paradox, concerning the inapplicability of Euclidean geometry to a rotating disc, and explaining Sagnac's experiment.<sup>34</sup> He was also greatly interested in the basis of general relativity, which he illustrated by ingenious examples.<sup>35</sup> In 1926,<sup>36</sup> before Thomas' 1927<sup>36</sup> work on precession, Langevin obtained Thomas' results. He may be judged also by his two lectures in Einstein's presence, in 1922 and 1931,<sup>37</sup> during the visits of Einstein to Langevin in Paris. (They had met first at the Solvay congress in Brussels in 1911). An excellent talk before such an audience is no small achievement.

Among his late works on relativity were a lecture in 1928<sup>38</sup> in Tbilisi (Soviet Georgia), a conference on relativity that he organized in Paris in 1932, and his last big lectures in 1933 and 1938.<sup>39</sup> In those years he was interested in solar and astro-

<sup>31</sup> Arzeliès, *Rel. Kinem.*, p. 140.

<sup>32</sup> Langevin, *Jour. de Phys.*, 1913, 3: 553–591, reprint in his "*Oeuvres*," pp. 397–426, (hereafter called: 1913).

<sup>33</sup> Langevin, *Comptes Rendus*, 1921, 173: 831–834; 1935, 200: 48–51, 1161–1165; 1937, 205: 304–306.

<sup>34</sup> Langevin, "Le Principe de relativité," *Bull. Soc. Franc. Électriciens*, 1919, 9: 601–639; *Bull. Scient. Étudiants Paris*, 1922, no. 2: 2–22, (hereafter called: 1922); and later articles.

<sup>35</sup> See A. Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien* (5th ed., Braunschweig: F. Vieweg, 1931), Vol. I., pp. 708–711; transl. as *Atomic Structure and Spectral Lines* (New York: E. Dutton, 1933), pp. 662–667; Reale Accademia d'Italia, *Convegno di Fisica Nucleare* (1931), 137–141.

<sup>36</sup> L. Thomas, *Phil. Mag.* 1927, 3: 1–22.

<sup>37</sup> Langevin, 1922: "L'Oeuvre d'Einstein et l'astronomie," *Bull. Soc. Astron. France*, 1931, 45: 277–297, (hereafter called: 1931).

<sup>38</sup> Langevin, "La Structure des atomes et l'origine de la chaleur solaire," *Bull Univ. Tiflis*, 1930, 10: 01–05.

<sup>39</sup> Langevin, respectively: "La Relativité" *Actualites sci. industr.* (Paris: Hermann, 1932), no. 45; "L'Évolution de la science électrique depuis 50 ans," *Soc. Franç. Electriciens, Célébration du cinquantenaire* (1933), 131–154, (hereafter called: 1933); unpublished lecture, mentioned in *La Pensée*, mai-juin 1947, 58.

nomical implications of relativity. His last works<sup>40</sup> were the notes (1935–7)<sup>33</sup> on the Sagnac experiment.

Nobody could present the new (or old) ideas of relativity in a better way, verbally or mathematically than Langevin. At times he even did so better than Einstein. Langevin's early contact with relativity before 1905 gave him knowledge of the difficulties of the classical theory. As he had witnessed the historical development he could authoritatively expound it and appreciate the breakthroughs. His insight and enthusiasm resulted in a fresh approach not only in his contributions to relativity for many years (1904–1937) but also in his many popular presentations. He emphasized remarkable examples, analogies, the general unity and symmetry introduced by relativity, and many interesting experimental results and hypotheses alternative to the usual interpretation. According to Langevin, the unity and harmony in the new theory resulted from the concepts of space-time, energy-mass-momentum, combined electric and magnetic fields, and the synthesis of optics and mechanics or light and matter (and even the particle-wave synthesis of quantum theory).

Another impressive characteristic of Langevin's work was his insight into misconceptions, wrong habits and illusions in physics (and elsewhere). He gave a deep and basic analysis of the classical crisis, clearly pointing out the reasons for the difficulties in the old physics, while some did not even know they existed. This is of great importance for one of the most difficult tasks of physics is the overcoming of such obstacles. One can hope to infer from such past lessons where and how future breakthroughs might occur, how to become more cautious, and how to avoid analogous illusions.

### III. The New Space-Time

To introduce the basic vocabulary for this section one may turn to Langevin's interesting definitions and interpretations (1911) of the basic concepts of relativity. Space is "... a slice of the universe at a given time..."<sup>41</sup> Time is the ensemble of events succeeding at a point. The universe is the ensemble of all events, i.e. the ensemble of all space-time. Time defined by the optical or electromagnetic method agrees with the time of the Lorentz group. Mechanical, biological, chemical and other ways, even if their accuracy is comparable to the optical, must yield the same time measurement—by the principle of relativity—admitting the Lorentz group for all those phenomena.

<sup>40</sup> Completing the list of his relevant works are: *Soc. Franç. phys., Procès-verbaux*, 2 déc. 1921, 77–79; 16 déc. 1921, 97–98; *Bull. Soc. Franç. phys.* 1920, 138: 5 (reprint in *Oeuvres*, pp. 427–435); *Bull. Soc. Franç. Phil.*, 1922, 17: 93–96, 98–99. For his formulation of electrodynamics see R. Debever et J. Géhéniau, *Acad. Roy. Belg., Bull. classe sci.*, 1955, 41: 346–355. See also Langevin's article on gravitation in *Ann. de Phys.*, 1942, 17: 265 (reprint in *Oeuvres*, pp. 673–680).

<sup>41</sup> Langevin, 1911 B, p. 10.

### A. A Derivation of the Lorentz Transformation

By a simple physical demonstration<sup>42</sup> Langevin obtained in an original fashion the equations of the Lorentz group using only the principle of relativity (in considerations of symmetry), the identity of the speed of light in opposite directions (a particular case of isotropy of propagation of light in all Galilean systems), and homogeneity of space. He considered a "light-clock" as a box of perfectly reflecting walls where a light-signal successively reflects on opposite faces A and B. In the laboratory frame the Lorentz-contracted length of the box is  $L$  and its speed is  $v$ , both along the  $x$ -axis normal to the faces A and B.

When light travels from A to B, as its speed is constant, one finds  $t_{AB} = L/(c - v)$ , from  $ct = vt + L$ ; but for the reverse case  $t_{BA} = L/(c + v)$ , from  $ct + vt = L$ . The period of the clock is  $T = L/(c - v) + L/(c + v) = 2Lc/(c^2 - v^2)$ , the time required for a round-trip of the signal. At  $t = 0$  A is at  $x = 0$  and the signal is then emitted at A. Let the event  $E_n$  be the  $n$ th reflection at B with  $x, t$ . Preceding it are  $n$  trips of the light signal to the right and  $(n - 1)$  returns to the left. The event at B is given by

$$t = nL/(c - v) + (n - 1)L/(c + v) = [(2n - 1)Lc + Lv]/(c^2 - v^2), \\ x = L + vt.$$

Observers moving with the clock find the same light-speed  $c$  but may use different units, such that  $T' = 2L'/c$ . A may be chosen at  $x' = 0$ , and  $E_n$  has  $x', t'$  as it occurs at B:

$$t' = nL'/c + (n - 1)L'/c = (2n - 1)L'/c, \\ x' = L'.$$

By homogeneity of space  $L'/L = \alpha$  is a constant fixed by the choice of units and  $v$ . Then, using  $(2n - 1)Lc = (c^2 - v^2)t - Lv = (c^2 - v^2)t - v(x - vt) = c^2t - vx$ , from above follows

$$x' = L' = \alpha L = \alpha(x - vt), \\ t' = \alpha(2n - 1)L/c = \alpha(t - vx/c^2); \\ \text{or inversely, defining } \alpha' \equiv [\alpha(1 - v^2/c^2)]^{-1}, \\ x = \alpha'(x' + vt'), \\ t = \alpha'(t' + vx'/c^2),$$

By the principle of relativity, the two systems are equivalent; if both choose the same units then the expressions relating the two systems must be symmetrical, except for the sign of  $v$ , which restriction can be avoided by placing the axes in opposite senses in the two systems. The coefficients of the  $x$  and  $x'$ , or of the  $t$  and  $t'$  equations must be equal, so that  $\alpha' = \alpha$  or  $\alpha^2 = (1 - v^2/c^2)^{-1} = \gamma^2$ , and so  $\alpha = \gamma$ . This gives the usual Lorentz transformation equations.

---

<sup>42</sup> Langevin, in E. Bauer, "Cinématique de la relativité," *Actual. sci. ind.* (1932), no. 40.

Then follow  $L'/L = \alpha = \gamma$  or  $L = L'(1 - v^2/c^2)^{1/2}$  and  $T/T' = \gamma^2 L/L' = \gamma$ . Hence, the laboratory observers find that the moving box is shorter by the  $\gamma^{-1}$  factor than  $L'$  measured by the observers in the rest-system of the box.  $T' = (1 - v^2/c^2)^{1/2} T$  shows that there is a shorter time interval  $T'$  between two successive reflections by the same mirror (seen in the same place) for its own observers, than  $T$  obtained by observers with respect to whom the box moves and the two reflections occur in different positions separated by  $vT$ .

Langevin also showed<sup>43</sup> that there is no contraction perpendicular to the motion by the example of two parallel square wire frames approaching each other along the line normal to their planes. A lateral contraction of the moving frame, considering the other one fixed, would mean that it would pass through the fixed one on meeting it—this would be seen in both reference systems. But the “moving” observer may consider himself at rest and the other as moving; there is a contradiction.

### B. Space-like and Time-like Intervals

In the articles “L’Évolution de l’espace et du temps” and “Le temps, l’espace et la causalité dans la physique moderne,” appearing in 1911<sup>30</sup> Langevin presented new interpretations of the Poincaré-Minkowski concepts of space-time and of Einstein’s theory. Minkowski developed in 1907–8 Poincaré’s<sup>8</sup> (1905) mathematical interpretation of relativity in terms of four vectors and invariants such as  $ds^2 = dl^2 - c^2 dt^2$ . Moreover, he introduced the closely related concepts and names of proper time and space-like or time-like vectors. His treatment was brief, with few physical interpretations. We owe to Langevin the further development of our modern views. Let us outline his treatment.

An interesting, apparently paradoxical result of the new kinematics is that two observers in relative movement can determine two events to be in one or a reversed order of succession except when the events are in causal order. In the old theory a change in reference system could not reverse the order because one event could modify the conditions of the other event and hence there could be a causal connection no matter what be the distance of separation in space, since the old hypothetical limiting speed of possible signals was infinite and could instantaneously cause events over distance. The time interval  $\Delta t$  between two events was considered the same for all observers for any relative movement, but the space interval  $\Delta l$  depended on observers, as when two objects fall through a hole in a moving train, at the same place in the train, whence  $\Delta l' = 0$ , but hit the grounds at different points separated by  $\Delta l = v\Delta t$  (in terms of the speed of the train and the time interval between their fall). Only for simultaneous events could  $\Delta l$  be absolute e.g. the length of a rod. For two non-simultaneous events separated by  $\Delta l$  succeeding one another by the time  $\Delta t \neq 0$ , one could always find a reference system with speed  $v = \Delta l/\Delta t$  with respect to the original system to obtain coincidence in *space* of the two events. But

---

<sup>43</sup> See E. Bauer, “Relativité,” p. 29.

a choice of reference system was not possible to give a coincidence in *time* ( $\Delta t = 0$ ) because  $\Delta t$  is absolute, the same in all systems.

Thus, in contrast to relativity, classical kinematics showed an asymmetry, since  $\Delta t$  was an invariant while  $\Delta l$  depended on the observer's reference frame. In relativity there is only one case where a change in reference system has no effect, namely absolute or double coincidences in space and time ( $\Delta l = 0, \Delta t = 0$ ), e.g. a collision. In 1911 Langevin<sup>44</sup> recognized these "invariant simultaneities"; Einstein considered them in 1905<sup>45</sup> only incompletely. Langevin emphasized that Einstein was guided to general relativity by realizing these coincidences to be invariant also for accelerated observers.<sup>46</sup> As all our experiences and sensations are based on such absolute coincidences and as science is founded on such experiences, its laws must have a significance independent of systems of reference with any motion, and so must be generally covariant.

In relativity, for any two events, both  $\Delta l$  and  $\Delta t$  change in general. It will be shown to be important and convenient to class events into two categories for which space and time respectively play symmetrical roles.

*Firstly*, there are space-connected four-events with  $|\Delta l| > c|\Delta t|$  (e.g.  $\Delta t = 0, \Delta l > 0$ ) in every uniformly moving reference frame, so that this property has an absolute sense. They are distant enough in space so that one always occurs before a light signal from the other one can arrive. The order of succession can be reversed for some moving observers since  $\Delta t$  is not absolute here. The events are not causally related for they cannot be informed of each other (except by signals with speed greater than  $c$ ), being independent of each other for they have no defined order in time. They cannot belong to the same world-line or same part of matter or of a being. Now  $\Delta l \neq 0$  in every reference frame but one can be found where  $\Delta t = 0$  so that the events are simultaneous, in which case  $\Delta l$  is minimum and will be longer for other frames moving with respect to this one. (This does not signify a preferred frame or asymmetry.) The invariant  $I = (\Delta s)^2 = (\Delta l)^2 - c^2(\Delta t)^2$ , with  $I > 0$  since  $\Delta l > c\Delta t$  here, represents the interval (by definition) between the two events (not connected by a world-line). It gives  $I = (\Delta l)^2$  for  $\Delta t = 0$  in one system, but for  $\Delta t \neq 0$  in other systems, one has  $(\Delta l)^2 = I + c^2(\Delta t)^2 \geq I$  showing that  $\Delta l$  is minimum (equal to  $I$ ) in the system for which the events are simultaneous. Langevin in this fashion arrived at a novel interpretation of the Lorentz contraction.

Langevin gave an interesting simple example for space-connected events. A point-source of light at the origin  $O'$  of its rest frame  $S'$  moves with speed  $v$ , parallel to  $x$  (Fig. 1). An observer  $S$  at rest sees the source move and the wave emitted at his origin  $O$  as a spreading sphere of light with radius  $R = ct$  with center at  $O$ . During the time  $t$  the source moved to the right by  $d = vt$ .  $S$  receives the wave at  $M, N$  (both equidistant from  $O$ ) simultaneously. For  $S'$  moving with the source,

---

<sup>44</sup> Langevin, 1911 A, p. 41.

<sup>45</sup> Einstein, *Ann. Physik*, 1905, 17: 893.

<sup>46</sup> Langevin, 1922, p. 17. See Einstein, *Ann. Physik*, 1918, 55: 241–244.

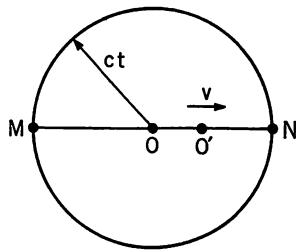


Fig. 1. A spherical light-wave emitted by a moving source and defining two space-connected events M, N.

N receives the signal before M because the distance for the light wave to travel is less. An observer S" moving in the opposite direction to S' will have the signal at M first *i.e.* a reversed order from S'. For the two events at M, N,  $\Delta l > c\Delta t = 0$  since  $\Delta l = x_N - x_M = 2ct$  and  $\Delta t = t_N - t_M = 0$  for S. Using Lorentz transformations and  $\Delta t = 0$  one has  $\Delta t' = t'_N - t'_M = -\gamma v \Delta x / c^2 < 0$ ,  $\Delta t'' = \gamma v \Delta x / c^2 > 0$  and  $\Delta x' = \Delta x'' = \gamma \Delta x$  (where  $\Delta x = \Delta l$ ). Combining gives  $|\Delta x'| = |c^2 \Delta t'/v| > c\Delta t'$  and  $|\Delta x''| = |c^2 \Delta t''/v| > c\Delta t''$  checking the space-connected property in every reference system. This example also shows how the isotropic propagation of light gives different relative time.

Langevin was led to limiting the propagation of causality to speeds up to  $c$  by considering space-like events. Einstein in 1907 and Langevin rejected the perfectly rigid body requiring elastic waves of infinite speed and also showed that if two events are linked by signals with  $v > c$  then for some moving observers effect would precede cause, so that one could "telegraph into the past."<sup>47</sup> As Langevin stressed the unity of the concepts of biological, mechanical, chemical, and optical time, for agreement with relativity, the upper limit of speeds was to apply to all phenomena and in general. It has been recently shown, especially by Bilaniuk and Sudarshan, that, although this *upper* barrier holds for ordinary particles, it is meaningful to consider particles with  $v > c$ , for which  $c$  is a *lower* limit (and also that in such a theory communication with the past is still ruled out). These views should be encouraged by Heaviside's statement: "The moral is—don't be afraid of infinity."<sup>48</sup>

Secondly, one has *time-connected* events with  $|\Delta l| < c|\Delta t|$ , or near enough events, so that one event is produced after the reception of a light signal emitted at the occurrence of the other event. Again  $\Delta l < c\Delta t$  has an absolute significance (in every frame). One finds exact correspondence to space-connected events by interchanging space and time in the discussion above. There is an asymmetry in time between the two events. A causal connection may exist here since the time order is fixed,

<sup>47</sup> Langevin, 1911 A, p. 44; See Einstein, *Ann. Physik*, 1907, 23: 371–384.

<sup>48</sup> O. Heaviside, *Electromagnetic Theory* (New York: Dover Publ.), Vol. II, 535 (1899); see G. Lee, *Oliver Heaviside* (London: Longmans, Green and Co., 1947), p. 21.

has an absolute sense, and could not be reversed by a change of reference system unless the relative speed of the reference frames exceeds  $c$ . The events can belong to the same world-line of a piece of matter or a living being. One can obtain  $\Delta l = 0$  for a suitable frame, but  $\Delta t = 0$  is impossible if  $\Delta l \neq 0$ , ruling out a reversal of time order from  $\Delta t > 0$  to  $\Delta t < 0$  by changing frame. Here  $I = (\Delta l)^2 - c^2(\Delta t)^2 < 0$  and from  $c^2\Delta t^2 = \Delta l^2 + |I|$ , with  $\Delta l = 0$ ,  $\Delta t$  is minimum for the proper observer and is the proper time interval in the rest-frame following the piece of matter. In any other moving frame the events will be separated by a larger time because they will not be seen space-coincident as in the proper frame. Hence, the symmetry with space-connected events is complete.

The Michelson<sup>49</sup> experiment is an example of time-connected and space-connected events. In 1911 Langevin<sup>50</sup> gave the full relativistic explanation of it and his treatment is the best one I know. This was possible only after 1905, but this treatment had been neglected by others. He had two viewpoints (both relativistic): the aspect of the interference pattern is unchanged upon rotation of the apparatus by 90°, considered in 1) the rest frame of the apparatus (obviously—for one is effectively at rest); 2) a frame, relative to which the earth is moving—by isotropy of propagation of light and the Lorentz contraction. It is surprising that earlier or later treatments ignore the first (instructive) viewpoint, (showing only the result demanded by the old ether theory) and rarely include the Lorentz contraction in the calculations, so that the reader may not become convinced of the relativistic outcome (or null-result) of the experiment, since such explanations are not really relativistic, but present the ether viewpoint.

It may be appropriate to mention now Langevin's insight in history of relativity, when he realized that Michelson's experiment was not essentially important or necessary for the development of relativity. This agrees with the recent researches of Holton.<sup>51</sup> Langevin's view is evident from the following quotes in two of his lectures in the presence of Einstein:

All the detour made by the Michelson experiment could have been avoided if one had had confidence in the equations of electromagnetic theory as representing all the electromagnetic experiments and that the property of these equations of preserving their form for certain transformations represents the experimental fact of relativity. One would have seen that these results imply a certain kinematics which is not that of absolute time.

... The Michelson experiment is not an isolated experiment upon which one then built a whole system a little in the air; it is only an extremely precise

---

<sup>49</sup> Michelson's explanations were not good: *Amer. J. Sci.*, 1881, **22**: 120–129 (with an error in transverse time); (with E. Morley), 1887, **34**: 333–345; *Studies in Optics* (Univ. of Chicago Press, 1927) (not relativistic).

<sup>50</sup> Langevin, 1911 B, pp. 11–17.

<sup>51</sup> G. Holton, *Isis*, 1969, **60**: 133–197; see also Becquerel in Metz, *Relativité*; A. d'Astro, *Evolution of Scientific Thought* (New York: Dover Publ., reprint of 2nd. ed. from 1949), p. 147; T. Hirose, *Jap. Stud. Hist. Sci.*, 1965, **4**: 121.

verification of the consequences of the . . . electromagnetic theory, based . . . upon the whole ensemble of electromagnetic phenomena.<sup>52</sup>

### C. The Proper-Time Interval

Langevin in 1911<sup>53</sup> first established the peculiar<sup>54</sup> relativistic result of *maximum* interval  $\Delta s = \int ds$  in space-time between two time-like four-events, for uniform motion in a straight line connecting them, when compared to non-uniform motion. B. Russell called this the "law of cosmic laziness."<sup>55</sup> By contrast, in ordinary three-space geometry  $\Delta s$ , the interval in space is *minimum* for inertial motion between two points in space. Let us review Langevin's mathematical treatment<sup>54</sup> of 1919, which is equivalent to his qualitative conclusions of 1911. The Lorentz-invariant interval  $ds$  or  $\Delta s$  in space-time is obtained from  $ds_1^2 = dx_\mu dx_\mu = dx^2 - c^2 dt^2$  or more conveniently for time-like intervals from  $ds_2^2 = c^2 dt^2 - dx^2 = c^2 dt'^2 - dx'^2$ . Consider a particle moving with velocity  $v$  in the stationary frame S. Two events on its world-line occur at the same place for an observer  $S'$  tied to the particle ( $x' =$  constant vector,  $v' = 0$ ) but not so for others. Then  $dx' = 0$  and  $dx = vdt$  give  $ds_2^2 = c^2 dt'^2 = c^2(1 - \beta^2)dt^2$ , (where  $\beta = v/c$ ), or in terms of the invariant proper time  $ds = cd\tau$ , where  $d\tau = dt' = (1 - \beta^2)^{1/2}dt$ . For two distant four-events A and B  $\Delta\tau = \tau_B - \tau_A = \int_{t_A}^{t_B} (1 - \beta^2)^{1/2}dt$  and the time-interval  $\Delta t = t_B - t_A$  (and also the space-interval) is fixed for the stationary observer in S (where  $\Delta t > \Delta\tau$ ). To this correspond different  $\Delta\tau$  and  $\beta(t)$  depending on how  $S'$  moves between<sup>56</sup> A and B, using different world-lines. Non-uniform motion (in direction or magnitude of velocity) compared to uniform motion will result in a smaller  $\Delta\tau$  for as  $\beta$  increases to keep  $\Delta t$  fixed on the longer path or world-line  $(1 - \beta^2)^{1/2}$  and so  $\Delta\tau$  will decrease. The maximum  $\Delta\tau$  (for our given  $\Delta t$ ) will be for uniform motion in a straight line, *i.e.* for a force-free particle moving along a geodesic in four-space-time. Hence, Russell's name is suitable, since a particle left alone would take the trip as slowly as possible, by its own clocks. The more one deviates from a straight line the less will be  $\Delta\tau = \Delta t'$ . Thus, there is a contrast between the properties of space-time (maximum) and three-space (minimum) regarding the interval  $\Delta s$  between two events. The extremum property for different paths for both cases may be represented by  $\delta \int ds = 0$  giving a maximum and a minimum respectively.

<sup>52</sup> Langevin, 1922, pp. 11–12; see also 1931, p. 283.

<sup>53</sup> Langevin, 1911 A, pp. 48–49; 1911 B, pp. 26–27.

<sup>54</sup> Arising from a minus sign in  $ds^2$ ; see also A. Eddington, *Space, Time and Gravitation* (Cambridge Univ. Press, 1920), pp. 70–71, 75; E. Taylor and J. Wheeler, *Spacetime Physics* (San Francisco: Freeman & Co., 1963), Sect. 5–6; M. von Laue, *Phys. Zeitschr.*, 1912, **13**: 118–120.

<sup>55</sup> B. Russell, *ABC of Relativity* (2nd ed., London: G. Allen and Unwin, 1958) p. 78 (1st ed., 1925); also C. Durell, *Readable Relativity* (New York: Harper Torchbooks, 1926), pp. 94–97.

<sup>56</sup> Laue, *op. cit.*, in replying to objections stressed that here is an emphasis on one direction between A and B because of our choice of A and B, but not by the laws of nature, so that isotropy of space still exists.

Another instructive example of the use of the invariant  $ds$  is Langevin's general relativistic treatment (1921, 1935)<sup>67</sup> of a rotating coordinate system of a disc (with constant  $\omega$ ). This method was neglected by others:<sup>68</sup> Weyl gave only  $ds^2$  in the form below; Silberstein just indicated that  $ds = 0$  should be used for the explanation of the Sagnac experiment.<sup>28</sup> Hence, Langevin first<sup>69</sup> treated by this theory the space and time on a rotating disc, defining a local time, and treated Ehrenfest's paradox (1909).<sup>60</sup>

The primed (rotating system  $S'$ ) and unprimed (laboratory  $S$ ) polar coordinates, with respect to the center of rotation, are related by

$$\theta = \theta' + \omega t, r = r', t = t',$$

or,

$$x = x' \cos \omega t - y' \sin \omega t, \quad y = x' \sin \omega t + y' \cos \omega t,$$

(where  $t$  is the laboratory time of the fixed center), all justified to first order in  $R\omega/c$  since dimensions and clocks change only to second order. The invariant  $ds^2 = c^2 dt^2 - dl^2$ , with  $dl^2 = dr^2 + r^2 d\theta^2$ , becomes

$$ds^2 = (c^2 - \omega^2 r^2) dt^2 - 2\omega r^2 d\theta dt - dl^2,$$

or, after dropping primes, with the cross-term as  $-2\omega(xdy - ydx)dt$ ,  $r^2 = x^2 + y^2$  and  $dl^2 = dx^2 + dy^2$ . Because of the  $d\theta dt$  term, there is anisotropy in the propagation of light, whose speed varies between  $c - \omega r$  and  $c + \omega r$  to first order. The use of  $t'$  does not permit a decomposition into space and time in  $S'$ . To obtain isotropy or  $ds^2 = c^2 d\tau^2 - d\sigma^2$ , he introduced in  $S'$  a non-uniform local time  $\tau$  as

$$d\tau = (1 - \omega^2 r^2/c^2)^{1/2} \left( dt - \frac{\omega^2 r^2 d\theta}{c^2 - \omega^2 r^2} \right),$$

or  $d\tau = dt - \omega r^2 d\theta/c^2$  to first order, and non-Euclidean geometry, or<sup>61</sup>

$$d\sigma^2 = dr^2 + \frac{r^2 d\theta^2}{1 - \omega^2 r^2/c^2}.$$

This shows in a natural way a larger circumference  $2\pi r(1 - \omega^2 r^2/c^2)^{-1/2}$  of a circle about the origin measured in  $S'$ , or Ehrenfest's paradox which indicated the first non-Euclidean effect in relativity. As  $d\tau$  is not an exact differential, one cannot define  $\tau$  as a common time to all observers for it depends on the path traversed. Langevin applied these results to Sagnac's experiment<sup>28</sup> and similar ones, involving light-rays or  $ds^2 = 0$ .

<sup>67</sup> Langevin, *Comptes Rend.*, 1921, 173: 831–834; 1935, 200: 48–51; see also Becquerel, *Relativité*, pp. 76–80, 243–244; A. Metz, *J. de Phys.*, 1952, 13: 224–238.

<sup>68</sup> H. Weyl, *Raum-Zeit-Materie* (3rd ed., Berlin: Springer, 1919), p. 190; L. Silberstein, *J. Opt. Soc. Amer.*, 1921, 5: 291–307.

<sup>69</sup> see Arzeliès, *Rel. Kinem.*, p. 240; *Rel. Gén.*, Vol. I, pp. 32, 347.

<sup>60</sup> P. Ehrenfest, *Phys. Zeitschr.*, 1909, 10: 918.

<sup>61</sup> For interpreting the case  $\omega r \gg c$  see B. Laurent, *Am. J. Phys.*, 1970, 38: 492.

#### D. Thomas Precession

In a simple way, Langevin obtained the Thomas precession, another puzzling relativistic phenomenon. In 1931,<sup>65</sup> Sommerfeld presented these ideas from an unpublished lecture of 1926 in Zürich by Langevin. Thomas<sup>66</sup> obtained his results in 1927 by different considerations, which lack the clarity of Langevin's direct approach. The only details Sommerfeld gave about Langevin's work were that he obtained the 1/2-factor and considered the precession as arising from the rotation accompanying two successive mutually perpendicular Lorentz transformations. Using Pauli's personal notes of Langevin's lecture Sommerfeld presented this by using his method<sup>62</sup> of geometric interpretation of space-time rotations of Minkowski in the complex four-space, resulting in a compact and remarkably quick solution.

Sommerfeld had been near the solution in 1909 when he had treated most of these later ideas, but at that time he did not consider and compute the precession. The Langevin-Sommerfeld method and results are equivalent to those of Stephenson and Kilmister, using only the algebraic form of Lorentz transformations, or Zatskis following the latter authors and using the matrix form of the transformations.<sup>63</sup> In fact Langevin's method was apparently similar to that of Stephenson-Kilmister. These methods are the most direct ones in literature and involve no approximations until the very last step, while Thomas and others started with approximations and less convenient reference frames. It is desirable to advertise these methods because they have not found sufficient publicity e.g. the extraordinary encyclopedic work by Arzeliès<sup>64</sup> overlooked them.

### IV. The Twin Paradox

Using Minkowski's basic concepts Langevin first treated<sup>65</sup> fully Einstein's 1905 problem of the asymmetrical aging of two space travellers or clocks (sometimes called "Langevin's travellers"), where one separates from another "fixed" one and later returns. Applying the previous results one finds that the fixed twin experiences a longer time interval ( $\Delta t$ ) than the accelerating one ( $\Delta t'$ ). Moreover, of two bodies that meet first, then separate and finally again meet, the least aging results for one that deviates most from uniform motion, or accelerates most. Langevin concluded wittily: "... one could prevent aging by going to promenade."<sup>66</sup> For example, two radioactive pieces can be used as twins; the "vagabond" piece should age less and be less decayed than the fixed one in the laboratory. Retarded aging in humans is an amusing (but still impractical) consequence. Langevin emphasized

<sup>62</sup> A. Sommerfeld, *Phys. Zeitschr.*, 1909, **10**: 826–829.

<sup>63</sup> G. Stephenson and C. Kilmister, *Special Relativity for Physicists* (London: Longmans, Green & Co., 1958), pp. 30–31; H. Zatskis, *J. Franklin Inst.*, 1960, **269**: 268–273.

<sup>64</sup> Arzeliès, *Rel. Kinem.*, pp. 173, 198, 201; and also G. Holton, "Resource Letter on Special Relativity," *Am. J. Phys.*, 1962, **30**: 462–469.

<sup>65</sup> see also Arzeliès, *Rel. Kinem.*, pp. 187–189; É. Borel, *Space and Time* (New York: Dover Publ., reprint of 1922 ed.), pp. 26, 144.

<sup>66</sup> Langevin, 1922, p. 15.

the unity of different concepts of time; applied to biological time this justifies the conclusion for the twin problem as "... we are ourselves clocks."<sup>67</sup>

#### A. Langevin's Space Twins

It is interesting to note that continuing a traditional French interest in rockets (originating in the books of Jules Verne around 1865) Langevin apparently introduced them into physics starting in 1911,<sup>68</sup> namely in connection with the aging of the space travellers and the physical laws in the accelerated rocket frame. The term "bolide de Langevin" is also sometimes used in this class of problems.

Langevin's most interesting example in 1911<sup>69</sup> is his charming analysis of the asymmetrical aging due to the difference in motion of twins. A traveller could devote 2 years of his life to be able to visit earth 200 years later. After that accomplishment it would be impossible for him to return into an earlier time to inform of his adventures for any such attempt would only send him further into the future. If the moving observer moves with a constant speed to a star and back such that  $v \approx c$ , or specifically  $1 - v/c = 1/20,000$ , then for a total trip of 2 years, each part taking him a year by his clock, would take 200 years as observed from rest (earth), since<sup>69</sup>  $\gamma = 100$  and the star is 100 light-years distant.

It is amusing to consider Langevin's summary of how the two observers *see* each other's life, not correcting for the time of travel of the light, so that this is distinct from what is obtained by the Lorentz transformation. (Confusion has resulted in the past from inability to realize this distinction.) They can communicate by light-signals or telegraphy in order to try to understand how the asymmetry is possible. During the separation each sees the other flee before the respective emitted signals so that it takes them a longer time to receive the signals emitted in a given time. They see each other live<sup>70</sup> 200 times slower than ordinarily. In the first year the traveller receives news of only somewhat less<sup>71</sup> than the first two earth days after departure; he sees the earth-observers live two days only. Because of the Doppler principle he receives the radiation from earth with 200 times longer wavelength. What he sees as visible light was emitted as extreme ultraviolet (near x-rays). For both sides to receive radio waves the transmitting antenna on earth should be 1/200 the length of the traveller's receiving antenna, and the reception

<sup>67</sup> Langevin, 1911 B. p. 42.

<sup>68</sup> Langevin, 1911 A, pp. 47, 50-53. It is interesting to note that he was more careful than many later relativistic authors, in his later stressing that a finite rocket accelerated by an attached "rope" will be subjected to deformations by the rope, because of transmission of acceleration to all parts of the rocket, while gravitation acts upon each rocket-particle equally if it is a uniform field. Only for a point-rocket can acceleration be equivalent to a uniform gravitational field.

<sup>69</sup>  $(1 - \beta^2)^{1/2} = [(1 + \beta)(1 - \beta)]^{1/2} \approx 1/100$  because of  $1 - \beta = 1/20,000$  and  $\beta \approx 1$ .

<sup>70</sup>  $[(1 - \beta)/(1 + \beta)]^{1/2} \approx 1/200$  for the longitudinal Doppler effect so that  $\nu' < \nu$  on leaving but  $\nu' > \nu$  on returning (where  $\nu'$  is the traveller's frequency); life is affected because of the frequency of the heartbeats, etc.—Phys. Sci. Stud. Com. *College Physics* (Boston: Raytheon Educ. Co., 1968), p. 583.

<sup>71</sup>  $365/200 = 1.82$  by Doppler: PSSC, *Coll. Physics*, p. 584.

antenna on earth 200 times longer than his sending antenna. On the return trip converse conditions hold. The observers reciprocally view each other's living 200 times accelerated. The traveller sees 200 years pass on earth and sees as light the waves originally emitted from the earth as extreme infrared. For him to receive radio waves, the earth should after the first two days, and for the remaining 200 years, use a 200 times longer sending antenna than the traveller's one, or 40,000 times longer than that used for the first two days.

To understand the asymmetry one should consider this: the earth needs 200 years to receive the signals from the traveller's first year of travel, and *sees* his life 200 times slowed down. At the end of 200 years the earth receives the message of his encounter with the star at which his return starts. The traveller arrives two days later. The earth *sees* him age 200 times faster than usual during *his* second year of travel. The traveller's acceleration results in the asymmetry. He sees the earth recede and approach for a year each, while the earth sees him, only by his signals, recede for 200 years and approach for two days, a time 40,000 times shorter than that of apparent recession.

Langevin pointed out that enormous practical difficulties would occur in implementing such a program. The work of the earth to launch the traveller and his vehicle, of mass one ton, possibly by rotating it for a year at the end of a catapult, would be about  $400 \times 10^9$  horsepower, equivalent to the combustion of at least 1000 km<sup>3</sup> of oil. To start the return from rest, equally enormous difficulties result. One needs a mechanism to absorb the traveller's kinetic energy and restore it with opposite direction. To stop on earth one must dissipate the kinetic energy gradually without a large change in temperature of the traveller's vehicle. A change in temperature of more than  $10^{16}$  degrees would be equivalent to the above energy. Langevin speculated that in a collision with the earth, the rocket would not leave a hole before stopping inside the earth. Only its passage would leave a slight ionization of the air traversed. For example,  $\alpha$ -particles from radium with a speed of 20,000 km/sec leave no trace in matter except some increase in conductivity. Our rocket has a kinetic energy per unit mass 100,000 times larger and is thus a very penetrating radiation.

### B. *The Problem of Trains*

Already in 1922 Einstein irritated<sup>72</sup> some Germans by making a visit to Langevin in Paris. His reception there was not<sup>72</sup> always warm, as evidenced for example, by the welcoming words<sup>73</sup> of X. Leon, after referring to Langevin as the "apostle of the new Evangile": "To-day we rejoice in resuming the discussion in the presence of the monster [Einstein] himself; yet a regret constricts our heart." Although Leon humorously welcomed Einstein, the words show the opposition to Einstein by many other Parisians.

<sup>72</sup> Frank, *Einstein*, pp. 194-198.

<sup>73</sup> see *Bull. Soc. Franç. Phil.*, 1922, 17: 92.

Langevin gave a second interesting analysis<sup>74</sup> of the twin paradox (as applied to trains) at another conference at that time in Einstein's presence. Painlevé presented to Einstein the twin paradox as applied to a train moving to the right, passing a station and later returning, its speed always uniform and the changes in motion abrupt. The paradox referred to supposed reciprocal views obtained by inertial station and train observers about aging. Einstein repeated what he already replied to similar objections in 1918<sup>75</sup> by pointing out that in special relativity only the station belongs to an inertial frame, but not the (sometimes) accelerating train. Langevin gave a more complete solution, the next day.

Consider both systems supplied with clocks (lining the train and track), each set of clocks synchronized in its own system. Define  $x$  as the distance from the station in that system;  $x'$  as the distance in the train system from the train center;  $t$  is the time shown by a clock on the track at  $x$ ;  $t'$  is the time of a train-clock at  $x'$ . Let the train-center pass the (small) station at  $t = t' = 0$  for the clocks at  $x = x' = 0$  respectively. For the first part of the trip  $t = \gamma(t' + vx'/c^2)$  and  $x' = 0$  gives  $t = \gamma t'$ , so that the train-center clock is running slower than those it passes on the track; similarly for the return trip, since  $(-v)^2 = v^2$ . Reciprocally, the station clock at  $x = 0$  compared to the passing train clocks runs slower because  $t' = \gamma(t - vx/c^2)$  with  $x = 0$  gives  $t' = \gamma t$ . (Both cases represent time connected intervals.)

The train stops at  $t = T$ , or  $x = vT$  for the center, when its clock reads  $t'_1 = \gamma(T - v^2T/c^2) = T/\gamma$ . For the return-part

$$t'' = \gamma(t + vx/c^2) + K, \quad K = -2\gamma\beta^2T$$

is needed for agreement of  $t''$  with  $t'_1$  at  $x = vT$ , since  $\gamma(t + vx/c^2)$  alone would give  $\gamma T(1 + \beta^2) \neq t'_1$ . Upon reversal the train clocks will not mutually agree anymore (without resetting) so that a new synchronization is needed, whence  $t'' \neq t'$  at  $t = T$  except for  $x = vT$ . Thus the center-clock is kept unchanged (for it may not be touched since it will be compared with the station clock upon return) while all other clocks of this very long train will receive an adjustment<sup>76</sup> depending on their position at  $x$ . The returning frame of reference may also be considered as another train moving with  $(-v)$ , whose clocks are shifted by  $K$ . The train clock at the station  $x = 0$  at  $t = T$  showed  $t'_2 = \gamma T$ , but upon resetting  $t''_2 = \gamma T(1 - 2\beta^2)$ . Langevin concluded that the abrupt change can be felt by the shock imparted to the observers; but even if they slept through, they would later find a trace of the

<sup>74</sup> Morand, *La Nature*, 1922, 50: 316–318; see also Stephenson and Kilmister, "Relativity," pp. 43–44. Between Langevin's 1911 and 1922 works one may note the following works on this topic: Laue, *op. cit.*; H. Lorentz, *Das Relativitätsprinzip* (Leipzig: Teubner, 1914), pp. 47–50; *idem.*, *Revue gén. sci.*, 1914, 25: 185–186; and reference 75.

<sup>75</sup> Einstein, *Naturwiss.*, 1918, 6: 697–702; For early comments on this work in *Naturwiss.* see E. Gehrcke, 1919, 7: 147 (criticism) and H. Thirring, 1921, 9: 209 (defense).

<sup>76</sup> Its amount  $a(x) = 2\gamma vx/c^2 - 2\gamma\beta^2T$  I found from

$$\gamma(T + vx/c^2) - 2\gamma\beta^2T = \gamma(T - vx/c^2) + a(x),$$

e.g.  $a = 0$  for  $x = vT$  and  $a = -2\gamma\beta^2T$  for  $x = 0$ .

change since all of the train clocks would be upset, or not in mutual synchronism anymore.

The train-center clock shows  $t_3'' = 2T\gamma + K = 2T/\gamma < 2T$  but the station shows  $2T$  upon the return passing. The center-clock has shown a range  $0 \rightarrow 2T/\gamma$  but the clocks on the track seen to pass by the center showed  $0 \rightarrow 2T$ . But the station also finds its clock to move slower than those seen passing by, for its clock shows  $0 \rightarrow 2T$  while the clocks instantaneously in front of the station give a total elapsed time (not counting the resetting as elapsed time)<sup>77</sup>

$$t_2' + t_3'' - t_2'' = \gamma T + (2T\gamma + K) - (T\gamma + K) = 2T\gamma > 2T.$$

It is instructive to compare this with Einstein's<sup>76</sup> solution of the "paradox" (in 1918) in general relativity by replacing acceleration by gravitational fields. The slowing down (acceleration to the left) of the moving clock in the station system is equivalent to considering the train clock as fixed and under the influence of a gravitational field to the right, while the station system is then moving to the left. The gravitational field will stop the moving landscape originally moving to the left relative to the train. The tower of the station does not topple because it freely falls or floats together with the ground in the gravitational field, while the train is held fixed by external forces. There is a time lag of the station clocks during the uniform motion (no gravity) but during the action of the gravitation it can be shown that this lag is overcompensated thus giving a net lag for the train clocks. Both views, using the station system or the accelerated train system, are equally valid in principle but the latter is less convenient since, as Einstein said: "... [the locomotive-conductor] will object, that he really need not continuously heat and oil *the country*, but rather the locomotive. . . ."<sup>78</sup>

## V. Relativistic Mass and Energy

The Newtonian mass was fundamental or absolute, irreducible to simpler phenomena, and a priori invariable regardless of mechanical, physical or chemical changes in the body. According to Langevin "... the absolute mass is the daughter of absolute time."<sup>79</sup> Relativistic mass on the contrary has a relative significance: it depends on velocity and the chemical and physical internal state (internal energy) and hence on exchange of energy with the environment.

### A. Langevin's Unpublished Work Presented by Others

Langevin's lost contributions on mass-energy and Thomas precession remain in part a mystery. A small puzzle is Einstein's<sup>80</sup> remark in 1912 giving Langevin credit for orally pointing out (to Einstein) that the relation  $\Delta E = \Delta m; c^2$  (for inertial

<sup>77</sup>  $2T\gamma$  has a different significance than  $2T/\gamma$ , so that there is no contradiction.

<sup>78</sup> Einstein, *Naturwiss.*, 1918, 6: 701; see also M. Born, *Einstein's Theory of Relativity* (New York: Dover Publ., 1962, revised ed. of 1924 original), pp. 345-346.

<sup>79</sup> Langevin, 1931, p. 286.

<sup>80</sup> Einstein, *Ann. Physik*, 1912, 38: 1062.

mass) must require an equal increment  $\Delta m_0 c^2$  (for gravitational mass) for *agreement with experience*, e.g. for equal acceleration in the same gravitational field of bodies of different mass, undergoing radioactive transformations. Although Einstein had this theory in 1907 and June 1911,<sup>81</sup> before their first meeting in October 1911, may one conclude that Langevin influenced Einstein's original work?

At the conference in 1922, according to Morand:

Mr. Langevin received from Einstein the most merited praises. The latter recalled that Mr. Langevin already made himself quite famous . . . by first discovering the inertia of energy.<sup>15</sup>

His work was not published and his personal notes were destroyed in the war (1941).<sup>82</sup> Some evidence remained in notes and statements by his students,<sup>83</sup> E. Bauer, in 1956 spoke of his own discovery (in 1905) of Einstein's publication of Langevin's formula  $E = mc^2$ , but his "testimony" has the unreliable feature of quoting the exact words spoken by Langevin fifty years before. Bauer also explained that Langevin then did not publish his results because of Einstein's article. One may also find some evidence in Langevin's hint of a connection between inertia and radiated energy of an electron, at the end of an article in 1905.<sup>84</sup>

In his unpublished college lectures,<sup>85</sup> starting in 1906, Langevin derived the mass-energy relationship and other dynamical formulae by a simple method, starting from the principle of relativity (relativistic kinematics, e.g. velocity addition) and conservation of energy. Some of his work was fortunately preserved by others. One may summarize from F. Perrin's account.<sup>86</sup>

Langevin made assumptions about energy based on isotropy of space or independence of sign of velocity. The energy  $e_0$  in a system  $S$  will be measured as  $e_0 \phi(u^2)$  in another system  $S'$  moving with speed  $u$  relative to  $S$ , where  $\phi$  is a universal function. Similarly, the kinetic energy and momentum of a particle moving with speed  $v$  in  $S$  are  $T = m_0 f(v^2)$  and  $p = m_0 v g(v^2)$  respectively, where  $m_0$  is the rest mass, and  $f$  and  $g$  are universal functions. The three functions will be determined by simple considerations.

Consider two reference frames (wagons)  $S_1$  and  $S_2$  moving with respect to a "stationary" system  $S$  with equal and opposite velocities  $(-u)$  and  $u$ , and in each frame  $S_1$  and  $S_2$  there are two moving bodies of unit (rest) mass with velocities,  $(-v)$  and  $v$ . First assume  $v \parallel u$ . With respect to  $S$  by symmetry, the speeds of the two bodies moving in the same sense as their corresponding wagons will have the same speed  $v'$ , while the other pair will have  $v''$ . What is the energy required to stop all

<sup>81</sup> Einstein, *Jahrb. Radioakt.*, 1907, 4: 454–462; *Ann. Physik*, 1911, 35: 898–908.

<sup>82</sup> Staroselskaya, *Lanzheven*, p. 91.

<sup>83</sup> *ibid.*, p. 118. There remains also an impressive notebook on Langevin's relativity classes, taken by Léon Brillouin (1889–1969) in 1911; it is now at the Amer. Inst. Physics collection (whose librarian J. Warnow I thank for courtesy).

<sup>84</sup> Langevin, *Jour. de Phys.*, 1905, 4: reprint in his *Oeuvres*, p. 328.

<sup>85</sup> See also Langevin, 1913, p. 414 and Arzeliès, *Dyn. Rel.*, Vol. I, pp. 21–22.

<sup>86</sup> F. Perrin, *Actual. sci. ind.* (1932), no. 41.

four bodies in  $S'$ ? There are two possibilities: 1) stop them in  $S$  giving the energy as  $2f(v'^2) + 2f(v''^2)$ , and the total momentum in  $S$  is zero by symmetry; 2) stop the two bodies in  $S_1$ , and the two in  $S_2$  giving  $4f(v^2)$  with respect to  $S_1$  and  $S_2$  or  $4f(v^2)\phi(u^2)$  with respect to  $S$ . There is an additional  $4f(u^2)$  for stopping in  $S$ . Again the total momentum is zero. Conservation of energy demands equality of the two changes:

$$2f(v'^2) + 2f(v''^2) = 4f(v^2)\phi(u^2) + 4f(u^2).$$

If one chooses  $\mathbf{v} \perp \mathbf{u}$ , then all four bodies have the same speed  $v'''$  with respect to  $S$  by symmetry. By a similar reasoning as before one has:

$$4f(v'''^2) = 4f(v^2)\phi(u^2) + 4f(u^2).$$

Now one has two equations, where  $v', v'', v'''$  can be replaced in terms of  $u$  and  $v$  using velocity composition formulae. The classical case gives (within a constant factor)

$$f = \frac{1}{2}v^2, \quad \phi = 1, \quad T = \frac{1}{2}m_0v^2$$

Relativity (*via* the velocity addition) gives

$$f = c^2(\gamma - 1), \quad \phi = \gamma, \quad T = m_0c^2(\gamma - 1).$$

Analogously one can obtain  $g = \gamma$  giving  $\mathbf{p} = m_0\gamma\mathbf{v}$ .

To establish the mass-energy connection consider a stationary piece of ice melting (in a fixed system  $S$ ), absorbing an energy  $e_0$  in  $S$ , or  $e = e_0\phi(v^2)$  in  $S'$ , moving with speed  $v$ . The change can be effected in two different ways both giving the same total change measured. Firstly, the ice is fixed in  $S$ , and the energy absorbed is  $e_0$  in  $S$ . Secondly, the ice acquires a speed  $v$  in  $S$  to become at rest in  $S'$ , with an energy change  $m_i f(v^2)$ , with  $m_i$  as the rest mass of ice. Melt it now; the energy change is  $e_0$  in  $S'$  but is  $e_0\phi(v^2)$  with respect to  $S$ . Then stop the water (melted ice) giving in  $S$  a change  $-m_w f(v^2)$ , with  $m_w$  as the rest mass of water, where  $m_i \neq m_w$  is possible because ice is different from water. Both cases must give the same change:

$$e_0 = m_i f(v^2) + e_0\phi(v^2) - m_w f(v^2),$$

or

$$\Delta m_0/e_0 = (m_w - m_i)/e_0 = (\phi - 1)/f.$$

If  $\phi = 1$  (classical case), then  $m_i = m_w$  or upon a change in internal energy there is no change in mass. For  $\phi \neq 1$  a change in internal energy is proportional to a change in mass or  $\Delta m_0 \propto e_0$  because  $\Delta m_0/e_0$  cannot depend on  $v$  of the auxiliary system, or  $(\phi - 1)/f = K$ , a universal constant. Substitution of the relativistic values gives  $K = 1/c^2$  or  $\Delta m_0 = e_0/c^2$ , the plus sign meaning  $m_i < m_w$  because of the heat gain (at the same temperature  $\theta = 0^\circ\text{C}$ ).

### B. Langevin's Derivation of 1913

Langevin gave another valuable mass-energy derivation. In 1913,<sup>87</sup> he treated a similar model to Einstein's 1905 box emitting electromagnetic waves in opposite directions.<sup>88</sup> Consider a rectangular box (whose restframe of reference is  $S'$ ) in motion normal to one of its sides with speed  $v$  to the right, with respect to a "fixed" frame  $S$ . Finite wave-trains are emitted from the box symmetrically to the right and left each with energy  $1/2 \Delta U_0$  in  $S'$ , during a certain time interval, say one second of  $S'$ , so that by conservation of momentum the box stays at rest in  $S'$ . In  $S$  the energy of the wave-trains will be shown to be

$$\Delta U_1 \approx \frac{1}{2} \Delta U_0(1 + \beta), \quad \Delta U_2 \approx \frac{1}{2} \Delta U_0(1 - \beta)$$

(neglecting  $\beta^2$  terms so that  $\gamma \approx 1$ ), or momentum

$$\Delta G_1 = \Delta U_1/c, \quad \Delta G_2 = \Delta U_2/c$$

respectively for right and left. Conservation of *total* momentum requires  $\Delta G = \Delta G_1 - \Delta G_2 = \Delta U_0 v/c^2$  to be equal to the change in momentum of the box  $\Delta G \approx v \Delta m_0$  (where again  $\gamma \approx 1$  and  $\Delta m_0$  is the change of rest-mass of the box), so that  $\Delta m_0 \approx \Delta U_0/c^2$ . The case of absorption of energy gives the same final result.

The unusual feature of this derivation is in not using relativity explicitly but only Langevin's own derivation of Lorentz's 1895 transformation of electric fields (to be shown below) and the electromagnetic result  $G = U/c$  essentially obtained by Poincaré (1900).<sup>89</sup> The derivation of  $\Delta U_1$  is as follows: the energy density emitted is  $(1/2 \Delta U_0)/c$  per unit area and time in  $S'$ , or  $\{1/2 \Delta U_0(1 + \beta)^2\}/c$  in  $S$ , because the electric field is  $E_1 = \gamma E_0(1 + \beta) \approx E_0(1 + \beta)$ ; and as the waves "occupy" a length  $\gamma(c - v)$  in unit time (of  $S'$ ), Langevin obtained

$$\Delta U_1 \approx \frac{1}{2} \Delta U_0(1 + \beta)^2(c - v)/c \approx \frac{1}{2} \Delta U_0(1 + 2\beta)(1 - \beta) \approx \frac{1}{2} \Delta U_0(1 + \beta)$$

to first order in  $\beta$ . Einstein used energy conservation in his derivation in 1905, and (similarly to Langevin) momentum conservation in 1946,<sup>88</sup> both methods being to first order. In 1911,<sup>90</sup> Lorentz also considered our model of the radiating box (without approximations) in detail using both energy and momentum conservation in relativity, but still Langevin's method is different, simpler and more elementary.

It is interesting to note Langevin's derivation of the electric field transformation, for the case of a plane wave travelling to the right, and studied by observers  $S$  and  $S'$  (moving relatively to  $S$  with speed  $v$  along  $x$ ). He did not use Lorentz transformations of fields but used the Lorentz force to first order. Both observers find the wavespeed  $c$ , but  $S$  finds greater field-intensities. For  $S'$  the force per unit

<sup>87</sup> Langevin, 1913, pp. 418–419.

<sup>88</sup> Einstein, *Ann. Phys.*, 1905, **18**: 639–641; see also *Technion J.*, 1946, **5**: 16–17.

<sup>89</sup> H. Poincaré, *Arch. néerl.*, 1900; reprint in *Oeuvres de H. Poincaré* (Paris: Gauth.-Villars, 1954), Vol. 9, p. 476. See also Langevin, 1913, p. 408.

<sup>90</sup> H. Lorentz, *Amst. Versl.*, 1911, **20**: 87–98.

test charge (at rest in  $S$ ) is  $F_0/Q = E_0 + vB_0/c = E_0(1 + \beta)$  because of  $E_0 = B_0$ . In  $S$ , neglecting second-order terms ( $\gamma$ ) in the Lorentz transformation for  $F$ , Langevin had  $F \approx F_0$  or  $E_1 = F/Q = E_0(1 + \beta)$ . For an opposite propagation direction of the wave  $E_2 = E_0(1 - \beta)$  holds since the electric or the magnetic field reverses direction.

### C. Langevin's Results on Potential Energy and Electrons

One should not be surprised that some of Langevin's results of 1913 or before were novel, because the theory evolved slowly throughout 1900–1913; Experimental confirmation was lagging too because of the difficulties of measuring extremely small changes in mass. It is interesting to note that the mass corresponding to potential energy received little attention<sup>91</sup> until the recent studies by Brillouin.<sup>92</sup> Therefore, one is impressed by Langevin's remark of 1904<sup>93</sup> about the non-additivity of individual masses of a group of electrons unless the interelectron distances are relatively enormous, as is true in practice. Namely, as Lorentz noted in 1909,<sup>94</sup> their electric fields overlap, giving a changed total mass. Attention to the problem was given also by Silberstein in 1911, by Fermi and by Whittaker.<sup>95</sup>

A source of difficulty after the turn of the century may have been the use of several definitions of mass and carelessness in distinguishing them (especially upon wrongly using  $T = 1/2 \cdot mv^2$  for high speeds). Again, Langevin reminds us of several aspects of mass, stressing three definitions of it: 1) measure of inertia, or force divided by acceleration, 2) coefficient in linear momentum, or  $p/v$ ; 3) coefficient in kinetic energy.<sup>96</sup> Only for  $v \ll c$  do these definitions coincide with the rest-mass, otherwise all of them are not the same. Langevin also did some work on the problem of early electron models: Abraham (1902) considered a rigid spherical electron, Lorentz had a flattened ellipsoid, Lorentz-contracted in motion, with transverse dimensions unchanged, while Bucherer and Langevin required the contracted electron's volume to be constant.<sup>97</sup> This last model yielded for the transverse mass  $m_{\perp} = m_0(1 - \beta^2)^{-1/3}$ , and longitudinal  $m_{\parallel} = m_0\gamma^{8/3}(1 - \beta^2/3)$ , the latter given only by Abraham in 1908.<sup>98</sup> Langevin only stated the result for  $m_{\perp}$  without showing a derivation, in contrast to Bucherer.

<sup>91</sup> For an example of how this is overlooked in a good elementary textbook, see the error in E. Purcell, *Electricity and Magnetism, Berkeley Phys. Course* (New York: McGraw-Hill, 1965), p. 154.

<sup>92</sup> L. Brillouin, *Proc. Nat. Acad. Sci. (Wash.)*, 1965, 53: 475–482, 1280–1284.

<sup>93</sup> Langevin, 1904 B, p. 268.

<sup>94</sup> H. Lorentz, *Theory of Electrons* (New York: Dover Publ., orig. ed. 1909 with notes of 1915), p. 47.

<sup>95</sup> E. Whittaker, *History of the Theories of Aether and Electricity* (New York: Harper Torchbooks, 1953), Vol. II, p. 54.

<sup>96</sup> Langevin, 1913, pp. 397–398, 409–412.

<sup>97</sup> A. Bucherer, *Mathematische Einführung in die Elektronentheorie* (Leipzig: Teubner, 1904), p. 57 ff; Langevin, 1904 B, p. 267.

<sup>98</sup> M. Abraham, *Theorie der Elektrizität* (2nd ed., Leipzig: Teubner, 1908), Vol. II, pp. 197, 399.

It will be recalled that there was an objectionable factor of 4/3 in the electro-magnetic rest-mass of a spherical electron (in terms of its potential energy  $U_0$ )  $\bar{m}_0 = 4U_0/3c^2 = 4m_0/3$  (where  $m_0 = U_0/c^2$ ), before Fermi in 1922 (and later others) removed it in a basic way.<sup>99</sup> However, using the Poincaré stress, one can argue the factor away, as Langevin did in 1911 (for  $v = 0$ ).<sup>100</sup> He employed Poincaré's and Lorentz's<sup>101</sup> idea of using a potential energy corresponding to the Poincaré stress. Langevin considered only the new energy at *rest*, while Lorentz had done it for *all speeds*.<sup>101</sup> Although Lorentz could have obtained the agreement of the energy equation with relativity, he did not seem to realize it. Laue had a similar treatment to Langevin's in 1911 and 1913, but it was unclear and he did not criticize the 4/3-factor.<sup>102</sup> For  $v \ll c$ , the stress for a spherical electron with surface charge is expressed as a constant pressure  $p = 2\pi\sigma^2$  (where  $\sigma = e/4\pi R^2$  is the surface charge density and  $R$  is the *equilibrium* radius of the electron) or  $p = e^2/8\pi R^4$ . To this corresponds an inner potential energy.

$$\tilde{U}_0 = pV = p4\pi R^3/3 = e^2/6R = U_0/3$$

in terms of the electrostatic energy  $U_0 = e^2/2R$ . Adding them gives the total energy

$$\bar{U}_0 = U_0 + \tilde{U}_0 = 2e^2/3R = 4U_0/3.$$

Comparing with  $\bar{m}_0 = 2e^2/3Rc^2$  one obtains  $\bar{m}_0 = \bar{U}_0/c^2$ , which is remarkable. This assumes the validity of the ordinary electrostatic laws inside and just outside the electron. In summary:

$$\bar{m}_0 = (U_0 + pV)/c^2 = \bar{U}_0/c^2 = 4U_0/3c^2.$$

Langevin also pointed out that this  $\bar{U}$  makes  $\bar{U}_0$  minimum for the equilibrium radius.<sup>103</sup>

#### D. Applications to Nuclear Physics and Stars

Langevin applied  $\Delta E = c^2 \Delta m$  to nuclear physics and the chemical structure of the elements in 1913.<sup>104</sup> According to the speculation of Prout atomic masses of elements are integral multiples of the atomic mass of hydrogen.<sup>105</sup> However, there were deviations from this. Firstly, the effect of isotopes was shown responsible for *large* deviations from integers (such as 35.5 for atomic "weight" of chlorine).

<sup>99</sup> For the topics of electromagnetic mass, 4/3-factor and Fermi see A. Gamba, *Am. J. Phys.*, 1967, **35**: 86–88.

<sup>100</sup> Langevin, 1913, pp. 413–414; also in Brillouin's 1911 notebook.

<sup>101</sup> H. Lorentz, *Theory of Electrons*, pp. 213–214.

<sup>102</sup> M. von Laue, *Relativitätsprinzip* (Braunschweig: Vieweg) 1st ed. of 1911, pp. 164–167; 2nd ed. of 1913, pp. 198–199.

<sup>103</sup>  $\bar{U}_0 = e^2/2R + 4\pi R^3 p/3$  is minimum when  $R$  assumes the equilibrium value in

$$\frac{\partial \bar{U}_0}{\partial R} = -e^2/2R^2 + 4\pi p R^2 = 0.$$

Then follows  $p = e^2/8\pi R^4 = \text{const.}$

<sup>104</sup> Langevin, 1913, pp. 422–424.

<sup>105</sup> See Whittaker, *History . . .*, Vol. I, p. 361.

Secondly, there were *small* discrepancies, which fact was an obstacle to the theory of formation of complex atoms from simpler ones since that would violate the classical conservation of mass. Langevin accounted for the small nuclear mass-defect  $\Delta m$  in terms of the energy change  $\Delta E = c^2 \Delta m$  as liberated energy. For example, the atomic "weight" of oxygen is 15.87 (based on  $H = 1$ ;  $H = 1.008$  gives  $O = 16$ ), while that of 16 hydrogen atoms is 16. The difference is to be interpreted as the energy liberated in the "formation" of oxygen, since mass-energy is conserved. Langevin did not mention isotopes in 1913. These were already known to exist for heavy elements but for the lighter ones they were discovered just at that time by J. J. Thomson and F. Aston, and named by Soddy.<sup>106</sup> Previous work of interest had been done by Einstein in 1907,<sup>107</sup> who considered the energy liberated in radioactive decay to be given by  $E/c^2 = M - \Sigma m_i$  (where  $M$  is the initial rest mass of the decaying atom and  $m_i$  are the masses of the decay products). Comstock,<sup>108</sup> in 1908 had a similar theory to Langevin's but used the wrong relationship  $\Delta m = 4\Delta E/3c^2$ . Swinne anticipated Langevin's results in 1913.<sup>109</sup>

In this connection, it is interesting to note that, according to Sambursky, in 1871 Mendeleev remarkably anticipated the mass-energy connection in atomic phenomena:

... there is no reason to suppose that  $n$  parts of the weight of an element or  $n$  atoms will yield the same  $n$  parts after transmutation into an atom of another element, *i.e.* that the atom of the second element will be  $n$  times heavier than the first. One can regard the law of conservation of weight [*i.e.* mass] as a special case of the law of conservation of force [*i.e.* energy] or of movement. Surely weight depends on a special kind of movement of matter, and there is no reason to deny the possibility of a transmutation of these movements into chemical energy or some other form of movement during the formation of elementary atoms.... Thus in case a known element would be decomposed or a new one would be formed, these phenomena could well be accompanied by a decrease or increase in weight. In this way one also could explain to a certain extent the difference in chemical energy of various elements.<sup>110</sup>

It was characteristic of Langevin to adopt fruitful new ideas however revolutionary they were and to develop them further.<sup>111</sup> He expounded J. Perrin's and Eddington's ideas of 1920 that solar energy is furnished by atomic fusion.<sup>112</sup> This would release enormous energies such that the age of the sun could be billions of years. Chemical and gravitational mechanisms had been shown to be insufficient.

<sup>106</sup> *ibid.* Vol. II, pp. 12-13.

<sup>107</sup> Einstein, *Jahrb. Radioakt.*, 1907, 4: 442-443.

<sup>108</sup> D. Comstock, *Phil. Mag.*, 1908, 15: 1-21.

<sup>109</sup> R. Swinne, *Phys. Zeitschr.*, 1913, 14: 145-147.

<sup>110</sup> See R. Sambursky, *Isis*, 1969, 60: 104-106.

<sup>111</sup> See Langevin's articles starting 1928: references 37-39.

<sup>112</sup> J. Perrin, *Revue du Mois*, 10 fév. 1920, 21: 113-166; A. Eddington, *Brit. Assoc. Adv. Sci. Repts.*, 1920, 88: 34-49.

The sun's mass would then steadily decrease by the loss of energy, as Comstock concluded in 1908.<sup>108</sup> Another interesting idea adopted by Langevin was the mutual annihilation of positive and negative charges, such as the proton and electron; Eddington (1919) considered this for electrons and nuclei, in connection with the energy source of stars.<sup>113</sup> However, Larmor<sup>113</sup> in 1897 in his model of ether had remarkably thought of annihilation of positive and negative "electrons," long before Dirac's positron of 1930.

In 1913 Langevin anticipated the enormous atomic energy release that he unfortunately witnessed before his death in 1946. He wrote in a section entitled "Matter, reservoir of energy".

Should one consider that all inertia of matter has no other origin?... To all inertia would correspond the presence in the system... of an energy whose liberation would correspond to complete destruction of the material structure.

Without judging now whether we shall some day acquire this destructive power and exhaust the reserves of energy present in matter, we can,... evaluate the importance and enormity of such reserves. Each gram of matter, whatever be its nature, would correspond to the presence of an internal energy equal to  $9 \times 10^{30}$  ergs, that is equivalent to a heat that would be furnished by the combustion of  $3 \times 10^9$  g or 3 million kg of oil.<sup>104</sup>

In 1931 and 1933 he said:

...this complete destruction of matter, ... would constitute an explosive phenomenon, and the man who released it, then a sorcerer's apprentice, would cause a worse catastrophe than all we can imagine.

Fortunately perhaps for the security of our species no Prometheus yet has come to teach men how one can light the scintillating fire of nuclear reactions.<sup>114</sup>

Planck in 1907 also spoke of the enormous reservoir of inner energy,<sup>115</sup> Eddington in 1920 considered sub-atomic energy, abundant in matter, and of the dream of man's using it for the benefit or suicide of the human race.<sup>116</sup> Even in 1899, Heaviside had written:

All known disturbances are conveyed either electromagnetically or gravitationally... Assuming then that all disturbances are conveyed at finite speed, it follows instantaneously that the destruction of this wicked world may come at any moment without any warning. There is no possibility of foretelling this calamity (or blessing possibly), because the cause thereof cannot give us any information till it arrives, when it will be too late to take precautions against destruction... As the universe is boundless one way towards the great, so it is equally boundless the other way towards the small, and important events

<sup>113</sup> A. Eddington, *Observatory*, 1919, 42: 375; see also J. Larmor, *Phil. Trans.*, 1897, 190: 209-212.

<sup>114</sup> Langevin, 1931, p. 288; 1933, p. 144.

<sup>115</sup> M. Planck, *Ann. Physik*, 1908, 26: 30; see also Eddington, above 1920 article, pp. 45-46.

may arise from what is going on inside of atoms, and again in the inside of electrons. There is no energetic difficulty. Large amounts of energy may be condensed by reason of great forces at small distances. How electrons are made has not yet been discovered. From the atom to the electron is a great step, but it is not finality.<sup>116</sup>

## VI. Langevin's Wit

J'ai voulu présenter des lumières et des ombres pour faire un tableau un peu vivant de notre situation. Heureusement, les lumières sont riches et les ombres sont pleines de promesses.

LANGEVIN (1933)

Langevin's wit and poetic use of language were incomparable (even in English translation). We may consider him as

... a good guide toward the high peaks recently discovered and the great horizons on which, here and there, floats still a little morning fog, but where our avant-garde has already explored marvellous lands.<sup>117</sup>

His views on cosmology:

... Einstein... opened to us... a new window to eternity.

Thus results a calming of our apprehension that we experience before the infinite, since we feel enveloped in a finite universe,... which,... expands constantly as if to make more space to the human spirit.

We need not fear a housing crisis in such a space.<sup>118</sup>

Langevin reminds us that even "games of the spirit" such as non-Euclidean geometry may have possible later applications; thus "... one sterilizes scientific research by prematurely obliging it to occupy itself with material interests."<sup>119</sup>

His views on the crisis of classical physics: "Einstein broke all those idols of absolute time, space and ether...."<sup>120</sup> The difficulties originated in part because physicists had "absorbed the Newtonian virus" or were "contaminated by habit."<sup>121</sup> The crisis was overcome by

... [the] beneficial storm, by which physics became rejuvenated..., breaking out around 1910 from the dark clouds that [one]... saw accumulate since 1900 on the horizon of the pure sky of the triumphant electromagnetic theory.<sup>122</sup>

Langevin linked in a very original way this struggle to the conflict between mechanics and electromagnetism, or action-at-a-distance against the gradual propagation of

<sup>116</sup> O. Heaviside, *Electromag. Theory*, Vol. III, p. 519 (1912).

<sup>117</sup> Langevin, "Préface," in Bauer, *Relativité*.

<sup>118</sup> Langevin, respectively: 1922, p. 22; 1931, p. 297; 1922, p. 4.

<sup>119</sup> Langevin, 1922, p. 4.

<sup>120</sup> Langevin, 1933, p. 148.

<sup>121</sup> Langevin, 1922, pp. 7-8.

<sup>122</sup> Langevin, 1933, p. 150; see also Langevin, in *L'Orientation actuelle des sciences*, Confér. École norm. supér. (Paris, Alcan, 1930), p. 46.

effects, but more basically to "the so-called common sense, *i.e.* the necessarily superficial and limited experience of our ancestors."<sup>120</sup>

By a natural and legitimate tendency, the spirit seeks to explain the unknown by the known and to utilize, in new domains, the means of representation that succeeded in the limited framework of past experience, the notions to which it is accustomed by habit. Readily confusing the familiar with the simple, it tends to attribute a universal and absolute value to results verified only in the limited region that it has already recognized, cultivated and sowed. And a crisis results each time when . . . experience deceives the imprudently conceived hope and requires an adaption of ancient ideas to the representation of a new domain. Thus continues the life of the spirit in its evolution toward greater and more comprehensive syntheses.<sup>122</sup>

Langevin's following two remarks about early relativity sound more familiar. Kuznetzov<sup>123</sup> reported that Langevin thought once that only twenty people understood relativity theory, while Einstein denied having said this (since he thought any physicist can easily understand it, as did his students in Berlin). G. Bachelard wrote: "Tensor calculus, Paul Langevin liked to say, knows relativity better than the relativist himself."<sup>124</sup>

#### Acknowledgement

I am grateful to Professor A. Woodruff for his patience and his remarkable corrections and clarifications, in particular of the twin problem.

#### Appendix

##### A. Trouton-Noble Experiment

In this experiment, which seeks to demonstrate an effect of order  $v^2/c^2$  of the earth's motion with respect to the ether, a plane capacitor fixed on earth, with plates oriented at an angle with respect to the motion of the planet, should turn, as was supposed around the turn of the century. Namely, there would be a magnetic field in the frame of the ether, associated with the moving charged plates and tending to orient the plates parallel to the velocity of the earth. But the experiment (performed in 1902-3) shows no turning tendency in agreement with relativity for regarded from the earth reference frame there is no magnetic interaction.

As pointed out by Butler<sup>29</sup> one can attack this problem either by considering forces or energy and the latter method had not before him given a satisfactory explanation of the null-result for it did *not* show the field energy in the capacitor to be equal for each orientation, thereby giving a turning tendency, contrary to observations. However, Butler overlooked the treatment of Langevin,<sup>20</sup> who by using an energy method first showed there is no turning tendency. G. FitzGerald, F.

---

<sup>123</sup> B. Kuznetzov, *Einstein* (Moscow: Izdatelstvo "Nauka," 1967), p. 262.

<sup>124</sup> G. Bachelard, in P. Schilpp, ed., *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (New York: Harper Torchbooks, 1959 reprint of 1949 ed.), p. 578.

Trouton and H. Lorentz<sup>26</sup> all predicted a turning tendency, while Larmor<sup>125</sup> seemed to favour no turning, if there is a Lorentz contraction, but his work is open to the above objection about energy.

Again Langevin had a simple new method for dealing with the problem—an action principle in analogy with Hamilton's principle in mechanics. The electromagnetic system evolves between two configurations as determined by  $\delta \int_{t_0}^{t_1} (U_e - U_m) dt = 0$ , where  $U_e$  and  $U_m$  are the electric and magnetic energies, and  $L = U_e - U_m$  is the Lagrangian, time independent and an extremum for equilibrium. By considering any charged system, one can show using the Lorentz contraction that the Lagrangian is<sup>126</sup>  $L = L_0(1 - \beta^2)^{1/2}$  in the frame  $S$  where the system is moving, while  $L_0$  is for the rest-frame  $S'$ . This  $L$  is independent of orientation (angle); hence, there is no turning moment. Namely, the difference of energy densities  $u_e - u_m$  is invariant,  $dV' = \gamma dV$  for volume, and  $L = \int (u_e - u_m) dV$ . Butler obtained  $U = \gamma U_0$  for the total energy, which is also independent of orientation. Langevin attributed the null-effect to the compensating effect of the Lorentz contraction.

### B. The Sagnac Experiment

This experiment was performed in 1913 to demonstrate the reality of the ether, but instead it showed that light propagates with a speed independent of the motion of its source.<sup>127</sup> Sagnac wanted to contradict special relativity, but failed since this theory admits the absolute character of rotations; moreover, Langevin explained the experiment by general relativity. As both the classical and relativistic explanations agree, this experiment cannot be used as a test of relativity. It is analogous to the Foucault pendulum, demonstrating the effects of rotation.

Two rays of light from the same source interfere after having traversed a polygonal circuit in opposite directions by reflection from suitably spaced mirrors fixed to a platform. Rotation of the platform produces a displacement of the interference fringes depending on  $R\omega/c$  to first order. (The source and observer rotate with the platform too.)

The classical explanation, for a circular circuit (with many mirrors) for simplicity, considers the speed of light in the rest-frame of the platform  $S'$  as  $c \pm \omega R$  so that

$$\begin{aligned} t &= \frac{2\pi R}{c - R\omega} - \frac{2\pi R}{c + R\omega} \approx 2\pi R[(1 + R\omega/c) - (1 - R\omega/c)] \\ &= 4\pi R^2 \omega / c^2 = 4A\omega/c^2 \end{aligned}$$

with  $A = \pi R^2$  to first order in  $\omega$ . In 1921, Langevin (using general relativity) worked

<sup>125</sup> J. Larmor, 1902 note, in G. FitzGerald, *Scientific Writings* (Dublin: Hodges, Figgis & Co., 1902), pp. 566–569.

<sup>126</sup> Abraham obtained the Lagrangian already in March 1905 in his 1st ed. of *Theor. d. Elektr.*, as on p. 189 of the 1908 ed.

<sup>127</sup> A. Metz, *Jour. de Phys.*, 1952, 13: 231; see also d'Abro, *Evol. Sci. Thought*, p. 154.

with

$$ds^2 = c^2 dt^2 - 4\omega dA dt - dl^2,$$

which is valid to first order, where  $dA = 1/2 \cdot R^2 d\theta = 1/2 \cdot (xdy - ydx)$  is the area of a triangle with sides  $R$  and  $Rd\theta$ , the element of length along the ray. Light propagates according to  $ds = 0$ , and solving the resulting quadratic equation in  $dt$  gives to first order  $dt_1 = dl/c + 2\omega dA/c^2$  for one ray and upon integration  $t_1 = l/c + 2A\omega/c^2$ ,  $A$  being the area inside the circuit. For the opposite ray  $dA$  changes sign or  $t_2 = l/c - 2A\omega/c^2$ . Then  $\Delta t = t_1 - t_2 = 4\omega A/c^2$  agrees with Sagnac's and Laue's classical explanations. This experiment measures the influence of Einstein's gravitational potentials  $g_{24} = -2\omega r^2$  (or in rectangular coordinates  $g_{14} = 2\omega y$  and  $g_{24} = -2\omega x$ ) on the motion of light. In 1937 Langevin also obtained the result from  $d\tau = dt - \omega r^2 d\theta/c^2$  giving

$$\tau_1 = \oint d\tau_1 = t_1 - \frac{\omega}{c^2} \oint r^2 d\theta = t_1 - 2A\omega/c^2 \quad \text{and} \quad \tau_2 = t_2 + 2A\omega/c^2$$

for each ray respectively. Then  $\tau_1 = \tau_2$  implies  $\Delta t = 4\omega A/c^2$  as before.

#### Note Added

Additional important works relevant to Langevin were found in Paris (and London) but they did not alter any conclusions of this article. The work P. Langevin, *Notice sur les travaux de P. Langevin* (Paris: Société génér. d'imprimerie et d'édition, 1934) is Langevin's own résumé of his scientific career (apparently written in connection with admission to an academy), containing his extensive bibliography and sections about relativity (pp. 18–19, 49–53, 64–70, 78–83). My thanks to the Bibliothèque d'histoire des sciences, of the Centre international de synthèse, where I found this book. Langevin's selected works are also in P. Lanzheven, Izbranye Proizvedeniya (Moscow: Izdat. inostranoj liter., 1949), including an article about Langevin by A. Maksimov (pp. 5–35). Material about relativity is contained in P. Biquard, *Langevin* (Paris: Éditions Seghers, 1969), pp. 44–54, 65, 129; where a Rumanian biography is mentioned: S. Ghimesan, *P. Langevin* (Bucarest: Éditions de la Jeunesse, 1964). Langevin's work on energy and mass was adapted with slight modifications also by G. Allard, in *L'Énergie dans la nature et dans la vie*, 1946 conference (Paris: Presses Univ. de France, 1949), pp. 103–130 and by P. Soleillet and N. Arpiarian, *Éléments de la théorie de la relativité restreinte*, Cours de Sorbonne (Paris: Centre de Docum. Univ., n. d.), pp. 51–56; both are mentioned by Arzeliès (my Ref. 1). Other works: O. Starosselskaya-Nikitina, "La Contribution de P. Langevin à la Théorie Relativiste et sa portée historique," *Actes du 8<sup>e</sup> Congrès Internat. d'Hist. des Sciences* (Firenze, 3–9 Sept. 1956), pp. 178–182; J. Nicolle, *La Science au service de l'émancipation de l'homme* (Alger: Éds. Liberté, 1947), in particular p. 20 (see my Ref. 11); R. Lucas, "L'Oeuvre scientifique de P. Langevin," *Cahiers Rationalistes*, nr. 135, Nov.–Dec. 1953, 14–19. There is also my Ph.D. thesis: *A History of Relativity: The Role of Henri Poincaré and Paul Langevin* (Yeshiva University, New York, Sept. 1970).

# The van den Broek Hypothesis

Tetu HIROSIGE\*

## 1. Introduction

In the development of the study of the atomic structure during the 1910's, the foundation of models of the atom was provided by van den Broek's hypothesis. The van den Broek hypothesis states that the electric charge of the nucleus or the number of intra-atomic electrons of a chemical element is equal to its ordinal number in the periodic system. Once the hypothesis was proposed by A. van den Broek in 1913, it exerted considerable influence upon N. Bohr, H. G. J. Moseley, and F. Soddy and was soon accepted by most of those who were interested in the atomic physics. This rapid acceptance may presumably be accounted for by the fact that it was just the time when various inquiries into the number of intra-atomic electrons were converging to a nearly correct conclusion. No settled conclusion, however, had yet been pronounced. The van den Broek hypothesis gave a clear and definite expression to this vaguely felt conclusion, and thus greatly advanced the atomic physics. To attach an essential significance to the atomic number was van den Broek's most original idea, which had occurred to no one before him.

E. Whittaker, in his *History of the Theories of Aether and Electricity II*, wrote about the van den Broek hypothesis as though it were originated in an examination of experimental results of  $\alpha$ -particle scattering.<sup>1</sup> According to the Rutherford formula, the number of particles scattered by an atomic nucleus to a given angle is proportional to the square of the nuclear charge. H. Geiger and E. Marsden in 1913 carried out careful experiment and concluded that the Rutherford formula would be approximately fulfilled if the nuclear charge was assumed to be half the atomic weight.<sup>2</sup> "But van den Broek now," says Whittaker, "pointed out that it would be satisfied with far greater accuracy if the nuclear charge were assumed to be proportional to the number representing the place of the element in the Newlands-Mendeleev periodic table."

Whittaker's account, however, is somewhat misleading. For, first, van den Broek proposed his hypothesis in its original form not after, but before the result of Geiger and Marsden's experiment was published. The paper in which van den

\* Department of Physics, College of Science and Engineering, Nihon University, Kanda Surugadai, Tokyo, Japan.

<sup>1</sup> E. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity, II* (London, 1953), pp. 23-24.

<sup>2</sup> H. Geiger and E. Marsden, "The Laws of Deflexion of  $\alpha$ -Particles Through Large Angles," *Phil. Mag.* (6), 25, 604-623 (April 1913).

Broek put forward the hypothesis was received on November 15, 1912 and was published on the 1 January, 1913 issue of *Physikalische Zeitschrift*,<sup>3</sup> whereas Geiger and Marsden's paper was published on the April 1913 issue of *Philosophical Magazine*. Moreover, if we seek the germ of the hypothesis, we find it to have appeared as early as in 1911. Second, van den Broek initially put forward his hypothesis not by suggestion from the  $\alpha$ -particle scattering, but in connection with his effort to construct comprehensive periodic system. In the following, I propose to investigate the process by which the van den Broek hypothesis gradually took shape, and the reaction of the contemporary physicists to this hypothesis.

## 2. General Background

Before entering the actual origin of van den Broek's hypothesis, it will be convenient to throw a glance over the general situation of the theory of the atomic structure during 1911–13.

Cursory investigation over abstract journal such as *Science Abstract—Section A, Physics* reveals that there were rather few papers dealing with the structure of the atom, and that the Thomson model had not yet faded away in this period. At the British Association meeting in September 1913, where J. H. Jeans appraised Bohr's theory of the atomic constitution with great favour and thus made it publicly recognized for the first time in the scientific community, J. J. Thomson, on the one hand, opposed Rutherford's theory of single scattering, and, on the other, presented an attempt to derive the energy quantum from the structure of the atom.<sup>4</sup> As for the  $\alpha$ -scattering, he asserted that it would be accounted for by deviation of the law of electric force from the inverse square law at very short distance. For the purpose of deducing the energy quantum, he assumed that in the interior of an atom the electric force, instead of acting everywhere throughout the atom, was confined within a finite number of tubes of force. Though this model indeed differs from the simple positive sphere model of 1904, it may well be reckoned as a variation of that model insofar as the electrons are assumed to distribute themselves within a sphere of the opposite electric charge.

Thomson was not alone in adhering to the Thomson model. There were others who also made speculation based on the Thomson model. For example, in 1911 H. A. Wilson considered, on the basis of the Thomson model, a possible relation between the number of electrons in an atom and its atomic weight.<sup>5</sup> Another example is K. F. Herzfeld's attempt in 1912 to account for the Balmer series by applying the quantum condition proposed by F. Hasenöhrl<sup>6</sup>:

<sup>3</sup> A. van den Broek, "Die Radioelemente, das periodische System und die Konstitution der Atome," *Phys. Zeits.*, **14**, 32–41 (Jan. 1913).

<sup>4</sup> J. J. Thomson, "On the Structure of the Atom," *Phil. Mag.* (6), **26**, 792–799 (Oct. 1913).

<sup>5</sup> H. A. Wilson, "The Number of Electrons in the Atom," *Phil. Mag.* (6), **21**, 718–722 (June 1911).

<sup>6</sup> F. Hasenöhrl, "Über die Grundlagen der mechanischen Theorie der Wärme," *Phys. Zeits.*, **12**, 931–935 (Nov. 15, 1911).

$$\int_{E_s}^{E_{s+1}} \tau dE = h$$

to the motion of electron inside the positive sphere of the Thomson model.<sup>7</sup>

It should be noted, however, that an approach was also being made from the part of the Thomson model to the conception that the atom had a kind of "core". During February and March 1913, Thomson gave a course of lectures<sup>8</sup> in which he remarked that the characteristic X-rays radiated out from an element was not affected by whether or not the element was combined with other elements. This, he thought, indicated that the characteristic X-rays were emitted from the inner part of the atom which was hardly affected by chemical combination. Thus Thomson concluded that the atom would consist of outer corpuscles (electrons), which determined its chemical properties, and the central core.

On the other hand, not until Bohr's theory of 1913 the implication of Rutherford's model had been grasped to its full extent. Rutherford himself, at first, thought the originality of his theory to consist rather in its regarding the  $\alpha$ -scattering as single in opposition to Thomson's regarding it as compound, than in the "nuclear" model.<sup>9</sup> It is true that Rutherford used a model which differed from Thomson's in its assuming a strong centre of force in the atom. But at the same time, the centre of force was assumed to be surrounded by a uniform sphere of an opposite electric charge and, even more, a possibility was admitted that a number of electrons dispersed themselves throughout this sphere. The model conceived by Rutherford at this time might therefore be considered a special case of the Thomson model which is obtained by collecting a part of electrons to the centre of the positive sphere. Rutherford seems not to have been clearly aware that his model drastically opposes itself to the Thomson model. This suspicion is corroborated by the interview with Bohr conducted by the Sources for History of Quantum Physics project. Bohr then told that at Manchester no one was thinking of positive nucleus and surrounding electron rings.<sup>10</sup>

This being admitted, it would then be asked why the words "Structure of the Atom" was inserted in the title of Rutherford's 1911 paper.<sup>11</sup> It might not be impossible to interpret this as indicating the existence of the centre of force. But Rutherford at that time was primarily concerned to claim the singleness of the  $\alpha$ -scattering, and the centre of force was subordinated to this claim. It seems more

<sup>7</sup> K. F. Herzfeld, "Über ein Atommodell das die Balmer'sche Wasserstoffserie aussendet," *Sitz. Akad. Wiss. Wien*, **121**, 593–601 (April 1912).

<sup>8</sup> J. J. Thomson, "The Structure of the Atom," *The Electrician*, **70**, 1096–1097; 1133–1135 (March 21, 28, 1913).

<sup>9</sup> S. Nisio, " $\alpha$ -Rays and the Atomic Nucleus", *Jap. Stud. Hist. Sci.*, No. 4 (1965), 91–116. John L. Heilbron, "The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles and Rutherford's Atom", *Arch. Hist. Exact Sci.*, **4**, 247–307 (1968).

<sup>10</sup> Interview with Bohr by the History of Quantum Physics Project. Session 3, Nov. 7, 1962.

<sup>11</sup> E. Rutherford, "The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles by Matter and the Structure of the Atom" *Phil. Mag.* (6), **21**, 669–688 (May 1911).

reasonable to interpret it as referring to the value of the central charge. The sixth section of the paper bearing the title "Comparison of Theory with Experiments" occupies nearly one third of the total pages of the paper. Rutherford there examined the value of the central charge deduced from the  $\alpha$ - and  $\beta$ -scatterings. He began this section with the words: "On the present theory, the value of the central charge  $N_e$  is an important constant, and it is desirable to determine its value for different atoms."<sup>12</sup> The result Rutherford obtained was that the central charge was roughly proportional to the atomic weight and was about  $100e$  for gold.

That the determination of the central charge was one of the most important problems for Rutherford may well be seen from the fact that in Geiger and Marsden's 1913 paper,<sup>13</sup> which was devoted to verification of the Rutherford formula, special attention was paid upon the evaluation of the central charge. Geiger and Marsden first confirmed that the number of scattering per atom into a given angle was proportional to the square of the atomic weight, and then counted the absolute number of scattering for gold. Combining both these results, they concluded that the central charge was equal to half the atomic weight. They repeated, under two different conditions, the experiment to confirm the relation between the number of scattering with the square of the atomic weight "on account of the importance of these experiments."<sup>14</sup>

By this time, the conclusion that the intra-atomic charge was roughly equal to half the atomic weight had also been reached by investigations on different lines. In 1906 J. J. Thomson found by three different methods that the number of intra-atomic electron was of the order of the atomic weight.<sup>15</sup> In 1910 J. A. Crowther<sup>16</sup> analyzed in terms of Thomson's theory of compound scattering<sup>17</sup> the result of  $\beta$ -ray scattering experiment of his own and concluded that the number of the intra-atomic electrons was about three times of the atomic weight. In the next year C. G. Barkla tried to estimate the number of the intra-atomic electrons by examining the scattering of X-rays by matter.<sup>18</sup> He obtained the result that for lighter atoms of atomic weight not larger than 32, the number of electrons was about half the atomic weight.

The consideration above allows us to conclude that those who were interested in the structure of the atom at the beginning of 1910's focussed their attention to experimental determination of the number of the intra-atomic electrons, and that the results obtained by different methods were converging to the value  $1/2 A$ , half

<sup>12</sup> *Ibid.*, p. 680.

<sup>13</sup> H. Geiger and E. Marsden, *op. cit.* (2).

<sup>14</sup> *Ibid.*, p. 618.

<sup>15</sup> J. J. Thomson, "On the Number of Corpuscles in an Atom," *Phil. Mag.* (6), **11**, 769-781 (June 1906).

<sup>16</sup> J. A. Crowther, "On the Scattering of Homogeneous  $\beta$ -Rays and the Number of Electrons in the Atom," *Proc. Roy. Soc.*, **A84**, 226-247 (1910).

<sup>17</sup> J. J. Thomson, "On the Scattering of Rapidly Moving Electrified Particles," *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **15**, 465-471 (1910).

<sup>18</sup> C. G. Barkla, "Note on the Energy of Scattered X-radiation," *Phil. Mag.* (6), **21**, 648-652 (May 1911).

the atomic weight. It was with this problem which was attracting much attention of contemporary physicists that the van den Broek hypothesis was concerned. Moreover, the hypothesis was put forward in the form that made plain what most of the physicists had, consciously or unconsciously, in mind.

### 3. Path to the Hypothesis

Antonius van den Broek was born in Zoeterwoude in the Netherlands on May 5, 1870 and died in Bithoven on October 26, 1926.<sup>19</sup> He was a lawyer in profession and an amateur scientist as well. He was not affiliated with any scientific society but, as we shall see in the following, was well acquainted with informations in physics of the day. His seemingly first scientific paper that was recorded on abstract journal was "The  $\alpha$ -particle and the Periodic System of Elements" published in 1907.<sup>20</sup> The first step to his hypothesis was already taken in this paper.

In 1906 Rutherford, having determined the specific charge of the  $\alpha$ -particle, enumerated three possibilities with regard to the nature of the  $\alpha$ -particle.<sup>21</sup> They were hydrogen molecule with a single charge, doubly ionized helium atom, and half-atom of helium with a single charge, of which he excluded the first on the ground of its lesser stability. He however refrained from deciding between the remaining two. Van den Broek took inspiration from this consideration of Rutherford's. Stating that where experiment could not decide there still remained pure speculation, he ventured a speculation about the periodic table. His fundamental idea was to suppose what Rutherford called half-atom of helium to be the primordial matter, which was to take the place of hydrogen in Prout's hypothesis. Naming this half-atom *alphon*, he supposed that to each number of aggregated alphons corresponded an independent chemical element. Consequently all the even numbers from 2 (= alphon) to 240 (= uranium) would represent the atomic weights of possible chemical elements. Total number of the elements would then become larger than the number of the known elements. Van den Broek thought, however, that this would be rather convenient in view of the newly discovered radioactive products, which so far had not been determined where to be placed in the periodic system. He assigned one period to each of the rare earth group and three groups of transient metals respectively. Accordingly the periodic table he constructed consisted of fifteen rows and eight columns. He claimed that his table had the merit that irregularities in the generally accepted tables disappeared there. He further emphasized that the theoretical atomic weights assigned to known elements according to their places in his table little differed from their experimentally determined values, the

<sup>19</sup> H. A. Boorse and L. Motz, *The World of the Atom*, 2 vols., New York, 1966. See vol. 1, p. 855. I have thus far not been able to find another published biographical information about van den Broek.

<sup>20</sup> A. van den Broek, "Das  $\alpha$ -Teilchen und das periodische System der Elemente," *Ann. d. Phys.* (4), 23, 199–203 (1907).

<sup>21</sup> E. Rutherford, "The Mass and Velocity of the  $\alpha$ -Particles Expelled from Radium and Actinium," *Phil. Mag.* (6), 12, 348–371 (Oct. 1906).

TABLE 1

	VII	0	I	II	III	IV	V	VI
1	2* ( $\alpha$ )	4 He	6 Li	8 Be	10 B	12 C	14 N	16 O
2	18 F	20 Ne	22 Na	24 Mg	26 Al	28 Si	30 P	32 S
3	34 Cl	36 Ar	38 K	40 Ca	42 Sc	44 Ti	46 V	48 Cr
4	50 Mn	52	54	56 Fe	58 Co	60 Ni	62	64
5	66	68	70 Cu	72 Zn	74 Ga	76 Ge	78 As	80 Se
6	82 Br	84 Kr	86 Rb	88 Sr	90 Y	92 Zr	94 Nb	96 Mo
7	98	100	102	104 Ru	106 Rh	108 Pd	110	112
8	114	116	118 Ag	120 Cd	122 Jn	124 Sn	126 Sb	128 Te
9	130 J	132 Xe	134 Cs	136 Ba	138 La	140 Ce	142 Nd	144 Pr
10	146	148	150 Sa	152	154 Gd	156	158 Tb	160
11	162	164	166 Er	168 Tu	170 Yb	172	174 Ta	176 W
12	178	180	182	184 Os	186 Ir	188 Pt	190	192
13	194	196	198 Au	200 Hg	202 Tl	204 Pb	206 Bi	208
14	210	212	214	216	218	220	222	224
15	226	228	230	232 Ra	234	236 Th	238	240 U

\* Theoretical atomic weight.

mean difference being 0.06%.

In view of later development of his thought, it is interesting to note that van den Broek here put forward the conception that "the elements are merely secondary variations of conglomeration of  $\alpha$ -particles (secundäre Abänderungen von  $\alpha$ -Teilchenkonglomerationen)."<sup>22</sup> From this conception the conclusion may follow that to each of even numbers corresponds a possible chemical element, which in turn implies that the difference of atomic weights of two adjacent elements, if all the possible elements are taken into account, should be, in mean, equal to 2. Though he did not explicitly draw this conclusion in the 1907 paper, it would always lie at the root of all his later speculation.

Here it may be helpful to sketch the general situation of the periodic system at the time. Though the periodic system of Mendeleev was discovered as early as in 1869, it could not take a definite shape before the Bohr theory of the atomic structure was sufficiently developed after 1913. Difficulties were caused particularly by the rare earth elements and the radioactive products. The last member, apart from the synthetized promethium, of the rare earths, lutetium, was discovered in 1907. But before Moseley's work of 1913-14, there was no conclusive method of separating and identifying different elements. It was not until 1922, when Bohr put forward his theoretical explanation of the periodic system, that the rare earths were satisfactorily incorporated into the periodic system.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> A. van den Broek, *op. cit.* (20), p. 203.

<sup>23</sup> J. W. van Spronsen, *The Periodic System of Chemical Elements. A History of the First Hundred Years* (Elsevier, Amsterdam-London-New York, 1969), p. 274.

As for the radioactive products, particularly for the post-emanation members, their chemical properties were still quite vague. The post-emanation members seemed not to resemble any known element.<sup>24</sup> It was by the discoveries of the concept of isotope and the displacement law that the radioactive products became possible to be incorporated into the periodic system on firm basis. These concept and law were discovered at the beginning of 1913, almost simultaneously with and independently of the van den Broek hypothesis. It is to be noted that, as we shall see later, their establishment and clarification were rather promoted by the latter hypothesis.

Van den Broek's hypothesis emerged from such an ambiguity of the periodic system as sketched above. The ambiguity induced him to attempt at constructing a more satisfactory periodic system. And it was by taking advantage of this ambiguity that he could frame his hypothesis.

Van den Broek's second proposal of periodic system appeared in 1911.<sup>25</sup> He noted that Mendeleev's system had not satisfied sufficiently the requirement of periodicity, and that Mendeleev himself, being aware of the incompleteness of his system, intended to construct a second type of the system in which the elements would be arranged three-dimensionally. It was not possible for Mendeleev actually to make such a system because too few elements were then known for this purpose.

TABLE 2

	0 1 2 3	I 1 2 3	II 1 2 3	III 1 2 3	IV 1 2 3	V 1 2 3	VI 1 2 3	VII 1 2 3
A	He	Li	Be	B	C	N	O	F
	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn
B	Fe	Co	Ni	Cu	—	—	—	Zn
	—	—	—	Ga	Ge	As	Se	Br
C	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ru
	Rh	Pb	—	—	Ag	—	—	Cd
D	—	—	—	In	Sn	Sb	Te	J
	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Pr	(Sm)
	(Eu)	(Gd <sub>1</sub> )	(Gd <sub>2</sub> )	(Gd <sub>3</sub> )	(Tb <sub>1</sub> )	(Tb <sub>2</sub> )	(Dy <sub>1</sub> )	(Dy <sub>2</sub> )
E	(Dys)	(Ho)	(Er)	(Tu <sub>1</sub> )	(Tu <sub>2</sub> )	(Tu <sub>3</sub> )	(Yb)	(Lu)
	—	—	—	—	—	Ta	W	Os
F	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Bi	Pb	—
	—	—	—	—	—	—	U	—
G	—	—	Ra	—	Th	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>24</sup> F. Soddy, "The Origins of the Conceptions of Isotopes," *Nobel Lectures. Chemistry 1901-1921* (Elsevier, Amsterdam-London-New York, 1966), 371-399. The quotation is on p. 385.

<sup>25</sup> A. van den Broek, "Das Mendeleeffsche 'Kubische' Periodische System der Elemente und die Einordnung der Radioelemente in dieses System," *Phys. Zeits.*, **12**, 490-497 (15. Juni, 1911).

Now that, however, many rare earth elements and radioactive products had been discovered, it would be possible, thought van den Broek, to realize Mendeleev's intention. He regarded each of the three groups of transient metals and the rare earth group as an independent period respectively, according to the conception he had held since his first attempt in 1907. Then he piled up three rows, each consisting of eight places, one over another, and arranged five blocks thus formed one next to another. This "cubic" system, as van den Broek called, is able to comprise  $8 \times 3 \times 5 = 120$  elements, and may be regarded essentially as a slightly modified version of the 1907 system. The 15 rows in the previous system now are divided into 5 sub-groups, each consisting of 3 rows piled up one upon another. But the alphon has disappeared, some of the elements are displaced to the left or right, and a number of rare earths and radioactive products have been added.

Van den Broek admitted that the cubic system was inferior to Mendeleev's original system in clarity and had left a good many vacant places. He, however, emphasized that his system had merits of its own. First, there is always one element in one place. Second, all the rare earths and radioactive products can easily be incorporated in the system. Third, all the periods have equal length, eight. Last but of special importance to our concern is that the mean difference of the atomic weights of any two adjacent elements is constant, and equal to two. In the generally accepted periodic systems, two mean differences about 2 and 4 appear alternatively. For example, the mean difference for thirty elements from He through Zn is 2.13, whereas that for five elements from Zn through Se is 3.46. The mean difference for fifteen elements from Se through Ag is 2.05, and so on. In his new system, this lack of uniformity may be remedied by taking into account the many vacant places. For example, there are six places between Zn and Se in his cubic system. The difference of the atomic weights of Se and Zn, 13.8, therefore, should be divided not by 4 but by 7. Then 1.83 is obtained as the mean difference. If, in this way, theoretical atomic weight is assigned to each known elements, then the mean deviation of the theoretical value from the measured value of the atomic weight proves to be nearly zero (the mean relative deviation = 0.3%). Additional support for the theoretical atomic weight is supplied, asserted van den Broek, by the fact that the difference of the atomic weights of an  $\alpha$ -emitting element and its product is twice the mean difference 2 and, at the same time, the atomic weight of the  $\alpha$ -particle too is twice the mean difference.

In the previous paper van den Broek assumed a series of possible elements on the supposition that atoms of all the elements consisted of hypothetical "alphons." He then distributed actual elements over that series in such a way that their atomic weights got best accorded with appropriate theoretical atomic weights. The mean difference 2 was a logical consequence of the constructing principle of the system. In contrast to this, the problem in the 1911 paper was how to arrange the actual elements so as best to fit the periodic law. Here the mean difference 2 was a contingent result from the periodic system constructed in this way. The constructing

principles of the two system were quite different. Nevertheless, the conception that the atomic weights corresponded to continuous series of even numbers was inherited from the 1907 paper to the 1911 paper. And it appears that this conception also suggested to him the idea that all the atoms, in the main, consisted of  $\alpha$ -particles. For he emphasizes, as mentioned above, that the emission of an  $\alpha$ -particle corresponds to a change of atomic weight by twice the mean difference 2. As we shall see later, the conception that the major constituent of the atom is the  $\alpha$ -particle continues to be the keynote of his speculations.

The paper proposing the cubic periodic system was received on April 16, 1911. About three months later, van den Broek sent to the 20 July issue of *Nature* a letter of less than 200 words, in which he for the first time discussed the number of intra-atomic electrons.<sup>26</sup> This letter was motivated by the two papers of Rutherford and of Barkla, both published on the May issue of *Philosophical Magazine*. As was mentioned in the foregoing, in both these papers the number of intra-atomic electrons was concluded, by entirely different methods, to be nearly equal to half the atomic weight. If this conclusion is admitted, the number of electrons contained in the uranium atom must be some 125. Now in the cubic periodic system the number of possible elements amounts to 120. It may therefore be concluded, asserted van den Broek, that "to each possible permanent charge (of both signs) per atom belongs a possible element."

Provided the cubic system is presumed, this conclusion evidently implies the proposition that the atomic number is equal to the intra-atomic charge. But at this moment van den Broek was still unaware of this. He at least did not mention it explicitly. It was toward the end of 1912, and in the paper submitted to *Physikalische Zeitschrift*<sup>27</sup> that he positively stated that proposition.

#### 4. The Hypothesis Stated

Van den Broek's renewed effort in 1912 to construct a periodic system was motivated by progress in the research of the radioactivity. During 1911-12, thanks mainly to the efforts of the Rutherford group, it was definitely shown that the substances which had been thought to emit two  $\alpha$ -particles simultaneously, *i.e.* uranium, thorium emanation, and actinium emanation, in fact emitted only a single  $\alpha$ -particle, and that the disintegrations of substances such as U, RaC, and ThB were compound and branchings of radioactive series ensued. These results seemed to van den Broek to suggest that disintegration products having equal atomic weight were to be considered one and the same element. For, unless this was admitted, the complex disintegration would compel us to assume too numerous new elements. He also thought that, due to the result that all the  $\alpha$ -emitters radiate a single particle each, it would become possible to calculate the atomic weight of a radioactive pro-

<sup>26</sup> A. van den Broek, "The Number of Possible Elements and Mendeleeff's 'Cubic' Periodic System," *Nature*, 87, 78 (July 20, 1911).

<sup>27</sup> *Op. cit.* (3).

duct, provided that its order on the radioactive series was known. Thus he proposed to determine the arrangement of radioactive elements on the periodic system on the basis of their atomic weight.

The view outlined above lead him to the conclusion that each  $\alpha$ -disintegration decreased the atomic weight of the radioactive substance by four and transformed it into another substance.  $\beta$ -disintegration, on the other hand, would not alter the atomic weight. Van den Broek, following Ramsay, assumed the product of  $\beta$ -disintegration to be secondary form of an  $\alpha$ -active element having the same atomic weight as that product. Having in this way drawn up genealogies of each of three radioactive families, he now tried to incorporate them into the periodic system. Chemical analogies were fully used as a guide. It then turned out necessary to put more than one elements in one and the same place belonging to the groups 0 and III. This was not to be rejected in principle, however, because, argued he, there had been placed three elements such as Fe, Co, and Ni in one place of the VIIIth group. Even more, he considered it convenient, in order to incorporate all the radioactive substances, to put triplet elements in the places of the eighth column which had been left vacant in the current periodic system. In addition to this, he also proposed to extend the complexity of 0th, IIId, and VIIId groups to lighter elements for the reason that the number of rare earth elements was increasing.

The alleged merit of the systems of 1907 and 1911 that to each one place belongs

TABLE 3

0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2* He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	
10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	
18 —	19 Ar	20 K	21 Ca	22 23 Sc —	24 Ti	25 V	26 Cr	27 Mn
							28 Fe	29 Co
								30 Ni
41 —	42 Kr	43 Rb	44 Sr	45 46 Y —	47 Zr	48 Nb	49 Mo	50 —
							51 Ru	52 Rh
								53 Pd
							61 —	62 —
								63 —
64 —	65 Xe	66 Cs	67 Ba	68 69 La —	70 Ce	71 Nd	72 Pr	73 —
							74 Sa	75 Eu
								76 Gd
							84 TuI	85 TuII
								86 AcA
87 —	88 AcEm	89 AcX	90 TuIII	91 92 RAc Cp	93 Ct	94 Ta	95 Wo	96 —
							97 Os	98 Ir
								99 Pt
							107 RaC	108 ThA
								109 RaA
110 ThEm	111 RaEm	112 ThX	113 Ra	114 115 RTh Io	116 Th	117 UII	118 U	119 —
							120 —	121 —
								122 —

\* Atomic number.

one element each has disappeared here. But van den Broek did not worry himself at all about this. He felt happy to have obtained the mean difference of two adjacent elements which again had proved to be two. He emphasized that the mean difference could be made equal to two by increasing the number of places in the periodic system, and that to each element could be assigned a theoretical atomic weight, which differed, in average, very slightly (0.22%) from the actual atomic weight. He pointed out that the regularity of the mean difference two which had been recognized at the top part of the periodic system was extended to the whole system, and said that "in view of this, the modification of the periodic system here proposed has rather the significance that by it the regularity is increased . . . and also a meaning more than that."<sup>28</sup> What he called "a meaning more than that" was nothing else but the hypothesis with which we are concerned here.

He noted that Barkla and Rutherford had independently concluded the number of intra-atomic elements to be about half the atomic weight. This result shows that "to each element should be ascribed an intra-atomic charge (of both signs) which differs from an element to another." Moreover, combined with the mean difference 2 of atomic weights, it implies that "to each element should be ascribed an intra-atomic charge which is equal to the number representing the order of that element, that is, to the  $n$ -th element  $n$  intra-atomic charges of both signs."<sup>29</sup> As for  $n = 1$  and 2, that is, hydrogen and helium, J. J. Thomson had confirmed on his investigation of positive rays that these two elements could not be electrified beyond 1 and 2 elementary charges respectively.<sup>30</sup> Referring to this result van den Broek remarked that it exactly corresponded to his conclusion.

From the description above it is evident that it was not the ordinal number of element in Mendeleev's periodic system that van den Broek asserted to be equal to the intra-atomic charge. As for hydrogen and helium experimental fact had suggested that the ordinal number in Mendeleev's system was equal to the intra-atomic charge. He could cite this as supporting in part his hypothesis. But with regard to the other elements, heavy elements in particular, the ordinal number used by him was not the number in the generally accepted periodic system. It was the number in the system composed by him so that the ordinal number of element would be equal to half the atomic weight. Van den Broek's hypothesis, therefore, stated no more than that the intra-atomic charge was equal to half the atomic weight, the conclusion which had been reached by Rutherford's, Barkla's, and others' experiments. Thus he at this stage did state nothing new about the value of the intra-atomic charge itself. What was new with him was the enlargement of the periodic system in such a way that the ordinal number of an element would become equal to half the atomic weight, that is, the intra-atomic charge accepted by most of the contemporary physicists.

<sup>28</sup> *Ibid.*, p. 35.

<sup>29</sup> *Ibid.*, p. 39.

<sup>30</sup> J. J. Thomson, "Further Experiments on Positive Rays," *Phil. Mag.* (6), 24, 209-253 (Aug. 1912), esp. pp. 235-237.

Such a modification of the periodic system had continually been pursued by him since 1907. It was precisely because there remained uncertainties about the periodic system that he repeatedly attempted to compose modified versions of the periodic system. So long as the periodic table had not finally been settled, there naturally was no definite atomic number. But because of this absence of the atomic number, van den Broek was able to make up such a periodic table that the atomic number on it would be equal to the intra-atomic charge which was generally inferred at the time. To put it paradoxically, the hypothesis that the atomic number expressed the intra-atomic charge could be proposed precisely because there existed no atomic number at all.

The periodic system which van den Broek proposed in 1913 is, to our eyes, quite arbitrary one and would not bear close examination. The van den Broek hypothesis proposed on such a weak foundation, however, soon came off his periodic system and began to walk independently. On the one hand, within a year it caused him to alter the meaning of his central concept, the atomic number, and on the other hand, it gave strong impact on works of Bohr, Moseley, and Soddy.

By the end of 1913, the central concept in van den Broek's argument had underwent a radical change. His hypothesis at first was concerned with the ordinal number in his new periodic system. In the letter to *Nature*, November 27, 1913,<sup>31</sup> however, he used the number in the current periodic system to formulate his hypothesis. This change was caused by the result of Geiger-Marsden's 1913 experiment on the  $\alpha$ -particle scattering. His attention was drawn to the fact that their conclusion had been obtained with a possible error which would amount to 20%. He also noticed that the ordinal number of uranium in Mendeleev's system was far smaller than half its atomic weight. Then, if Geiger-Marsden's conclusion was right, argued van den Broek, the number of elements in Mendeleev's system would be wrong, or if, on the contrary, Mendeleev's system was right, then the intra-atomic charges of heavy elements should be smaller than the value inferred from their experiment. To decide between these two possibilities, he took up the relation between the number of scattered  $\alpha$ -particles and the nuclear charge. According to Rutherford's formula, the number of particles scattered into a given direction is expected to be proportional to the square of the nuclear charge. Although Geiger and Marsden concluded that the number of scattered particles was proportional to the square of the atomic weight, close examination of their result reveals that the proportionality is not rigorous, there being a systematic deviation from Cu to Au. But if Mendeleev's atomic number is substituted for the atomic weight, almost exact proportionality is obtained. Thus van den Broek concluded that the nuclear charge was not half the atomic weight, but equal to the atomic number in Mendeleev's system.

It should here be noted that, throughout his argument, he firmly retained the conception that the ordinal number of element in one or another periodic system

---

<sup>31</sup> A. van den Broek, "Intra-atomic Charge," *Nature*, **92**, 372-373 (Nov. 27, 1913).

should correspond to some intra-atomic charge of the element. This conception originally was derived from the periodic systems which he composed on the principle that all the even number represented a possible element. But he now is prepared to discard those systems. Nonetheless he still regards the conception itself as valid. It operates here independently of the periodic systems from which it has emerged. We however ought not be in a hurry to conclude that he would have also discarded the notion that half the atomic weight represented the intra-atomic charge. In fact he retained this notion too. He thought that half the atomic weight would represent the total number of electrons in the whole atom, both around and inside the nucleus.

Toward the end of the letter to *Nature* considered above, van den Broek stated that since, if the mass of the atom consisted for by far the greatest part of  $\alpha$ -particles, the total charge of the nucleus should be far greater than the value determined in the way described above, the nucleus too had to contain electrons to compensate this extra charge. In his next letter to *Nature*,<sup>32</sup> he supposed that  $M$  (the atomic number in Mendeleev's system) was the number of electrons which constituted the negative intra-atomic charge, *i.e.* the negative charge around the nucleus, whereas half the atomic weight  $A/2$  was the total number of electrons per atom. He also repeated in a letter to *Naturwissenschaften*<sup>33</sup> that to the continuous series of even numbers through 238 corresponded all the possible intra-atomic charges. The discrepancy between the total intra-atomic charge and the nuclear charge seemed to him to suggest the possibility of "intra-atomic isomery (different numbers of electrons with equal nuclear charge, or equal number of electrons with different nuclear charges)."<sup>34</sup>

Any way, it may here be stressed that he was the first to state that the nucleus too would contain electrons, the notion which, as we shall see in the next section, was endorsed by Soddy and was generally accepted until the discovery of the neutron in 1932. It may also be added that Whittaker's account of the origin of the van den Broek hypothesis cited earlier is based solely on the letter to *Nature*, November 27, 1913. Actually van den Broek proposed a year earlier the conception that the atomic number was equal to the intra-atomic charge. The result of Geiger-Marsden's experiment motivated him to alter the meaning of the atomic number, but not to propose that conception itself.

## 5. Reaction

In the part II of his renowned trilogy,<sup>35</sup> Bohr begins discussion of the structure

<sup>32</sup> A. van den Broek, "Intra-atomic Charge and the Structure of the Atom," *Nature*, 92, 476-478 (Dec. 25, 1913).

<sup>33</sup> A. van den Broek, "Zu dem 'Nachtrag zu dem Aufsatz von Dr. K. Fajans: Die Radioelemente und das periodische System,'" *Naturwissenschaften*, 2, 717 (July 17, 1914).

<sup>34</sup> *Ibid.*

<sup>35</sup> N. Bohr, "On the Constitution of Atoms and Molecules. Part II. Systems Containing only a Single Nucleus," *Phil. Mag.* (6), 26, 476-502 (Sept. 1913).

of general atom with citation of van den Broek's paper of early 1913 published on *Physikalische Zeitschrift*. When interviewed in the autumn of 1962 by the History of Quantum Physics project, Bohr, while speaking of van den Broek's paper as curious and without sense, admitted that his assertion concerning the number of electrons of hydrogen, helium and so on had got at the truth.<sup>36</sup> On February 5, 1913, just before his theory of the atomic structure got its final shape, he wrote to his friend C. W. Oseen a letter, in which citing van den Broek's paper of early 1913 Bohr said that his paper had to be finished quickly because other people were pursuing similar problem.<sup>37</sup> This episode tells us how deeply van den Broek's work impressed Bohr.

From the end of 1913 through 1914, around van den Broek's hypothesis arose much active discussions, especially in Britain. Its relation to the Bohr theory was often discussed. Of the earliest reactions Moseley's shall first be considered.

From his famous investigation of the characteristic X-rays, Moseley obtained the result that the quantity

$$Q = \sqrt{\frac{\nu}{(4/3)\nu_0}}$$

increased by one as he went from one element to the next in the periodic system.<sup>38</sup> In this expression  $\nu$  is the frequency of  $K_{\alpha}$ -line,  $\nu_0 = cR$ ,  $R$  being the Rydberg constant. From this result he concluded that to each chemical element should correspond a quantity  $N$  which regularly increased from one element to the next on the periodic table. He says that this result proves "that there is in the atom a fundamental quantity, which increases by regular steps as we pass from one element to the next." Now such a "quantity can only be the charge on the central positive nucleus, of the existence of which we clearly have definite proof." In view of the number of electrons being roughly equal to  $A/2$ , we are led to "the view that  $N$  is the same as the number of the place occupied by the element in the periodic system. . . . This theory was originated by Broek and since used by Bohr."<sup>39</sup> A month or so later, Moseley, in a letter to *Nature*, manifestly stated that his "work was undertaken for the express purpose of testing Broek's hypothesis, . . . and the result of the test certainly confirms the hypothesis."<sup>40</sup>

F. Soddy was another important figure who was enthusiastic for van den Broek's hypothesis. He was particularly interested in van den Broek's speculation stated in his letter to the 27 November, 1913 *Nature*, that there might exist electrons within

<sup>36</sup> Interview with Bohr by the History of Quantum Physics project, Session 1, Oct. 31, 1962; Session 3, Nov. 7, 1962.

<sup>37</sup> Sources for History of Quantum Physics, Bohr Scientific Correspondence 5.4.

<sup>38</sup> H. G. J. Moseley, "The High Frequency Spectra of the Elements," *Phil. Mag.* (6), **26**, 1024-1034 (Dec. 1913). On Moseley's work, see John L. Heilbron, "The Work of H. G. J. Moseley," *Isis*, **57**, 336-364 (1966), and P. M. Heimann, "Moseley's Interpretation of X-ray Spectra," *Centaurs*, **12**, 261-274 (1968).

<sup>39</sup> H. G. J. Moseley, *Ibid.*, p. 1031.

<sup>40</sup> H. G. J. Moseley, "Atomic Models and X-Ray Spectra," *Nature*, **92**, 554 (Jan. 15, 1914).

the nucleus too. At seeing this letter he immediately sent a letter of his own to *Nature* where he declared: "That the intra-atomic charge of an element is determined by its place in the periodic table rather than by its atomic weight, as concluded by A. van den Broek, is strongly supported by the recent generalisation as to the radio-elements and the periodic law."<sup>41</sup> He at the same time, however, remarked that van den Broek's idea was confirmed only with regard to the relative value of the nuclear charge. He thought that there remained some uncertainty about the absolute value, because the number of rare earth elements was still uncertain.

What occupied much more space in Soddy's letter than the above was the problem of intra-nuclear electrons. He argued: On the ground of his conception of isotope, when a  $\beta$ -particle is emitted from within the nucleus, chemical properties of the element ought to be changed by this, whereas if the  $\beta$ -particles comes from extra-nuclear region of the atom, they would not change. Now recent investigation by his assistant A. Fleck has shown for uranium and thorium that the former is the case. The  $\beta$ -rays, therefore, are emitted from within the nucleus and, consequently, van den Broek's conception is correct. "This has resulted in a great clarification of my ideas"<sup>42</sup> of isotope. Three weeks later, in a letter to *Nature*,<sup>43</sup> van den Broek agreed to Soddy's remark that there remained uncertainty about the absolute value of the nuclear charge. At the same time he tried to account for, by considering the inner structure of the atom, the fact that the characteristic X-rays was determined by the atomic number. In a paper published on the March 1914 issue of *Philosophical Magazine*, he explained in further detail the reason why he believed that electrons were contained within the nucleus.<sup>44</sup> His point was that the difference of the nuclear charges of uranium and lead, though smaller than the total charge to be carried away by  $\alpha$ -particles through the whole uranium series, could be precisely explained out if the reversed change of electric charge by emission of  $\beta$ -particle was taken into account.

Those who discussed van den Broek's hypothesis in relation to the Bohr theory were F. A. Lindemann and J. W. Nicholson. Lindemann objected to Moseley's interpretation of his experimental results by the Bohr theory.<sup>45</sup> He showed that, by means of dimensional analysis, various relations between the frequency of radiation emitted by the atom and the nuclear charge could be obtained. Though there were several possible solutions, to all of them was common the fact that the nuclear

<sup>41</sup> F. Soddy, "Intra-atomic Charge," *Nature*, 92, 399–400 (Dec. 4, 1913).

<sup>42</sup> *Ibid.*, p. 400. In 1922 Soddy again emphasized the importance of van den Broek's conception: "So far as I was concerned, this interpretation of isotopes, in the light of van den Broek's conception and Rutherford's nuclear atom, resulted in a great clarification of my own ideas," *Nobel Lectures. Chemistry 1901–1921*, pp. 393–4.

<sup>43</sup> A. van den Broek, *op. cit.* (32).

<sup>44</sup> A. van den Broek, "On Nuclear Electrons," *Phil. Mag.* (6), 27, 455–457 (March 1914).

<sup>45</sup> F. A. Lindemann, "Atomic Models and X-Ray Spectra," *Nature*, 92, 500–501 (Jan. 1, 1914). Full account is given in F. A. Lindemann, "Über die Grundlagen der Atommodelle," *Verh. Deutsch. Phys. Ges.*, 16, 281–294 (1914).

charge corresponded to the place of the element in the periodic system. Thus he asserted that the Bohr theory could not necessarily be said to be proved by Moseley's result, whereas van den Broek's hypothesis was supported by it. Both Bohr and Moseley responded to this.<sup>46</sup> Bohr simply stated that Lindemann's dimensional analysis could not be justified. Moseley claimed that from his experiment could be derived a number of conclusions which supported the characteristic features of the Bohr theory. He also stated, as we have already seen, that his experiment had been carried out with the purpose of testing van den Broek's hypothesis. Neither of them did not enter further detail.

Nicholson examined the mechanical stability of the electron rings of the Bohr atom.<sup>47</sup> This examination led him to suggest that van den Broek's hypothesis would not hold good for lithium, beryllium, and boron. If, according to Bohr, all the electrons are assumed to have the equal angular momentum  $h/2\pi$ , a system with three electrons on two concentric rings, which was adopted by Bohr as the model for the lithium atom, would be unstable. A three electron system is stable only when all the electrons are distributed on one and the same ring. Either the Bohr theory or the van den Broek hypothesis should therefore be abandoned. Thus Nicholson concluded that perhaps the latter was to be abandoned, at least for Li, Be, and B. Van den Broek refused this conclusion.<sup>48</sup> He argued that his hypothesis was, for the elements from hydrogen to carbon, simply an expression of experimental fact, and was most strongly supported by Moseley's second paper on the characteristic X-rays.<sup>49</sup> Confronted with this objection Nicholson shifted his position.<sup>50</sup> He now accepted the van den Broek hypothesis and denied the Bohr theory. He, on the one hand, admitted that Moseley's result supported the hypothesis, but on the other hand asserted that the Bohr theory would not give correct formula for helium spectrum.

The problems raised by both Lindemann and Nicholson were by no means of such a kind as to motivate or to give moment to the subsequent development of atomic physics. They did neither imply problem which bore any importance for the future development of the Bohr theory, nor disclosed some aspect of the sharp break of it with the classical theory. They therefore would not be of much historical

<sup>46</sup> N. Bohr, "Atomic Models and X-Ray Spectra," *Nature*, **92**, 553-554 (Jan. 15, 1914). H. G. J. Moseley, *op. cit.* (40).

<sup>47</sup> J. W. Nicholson, "Atomic Models and X-Ray Spectra," *Nature*, **92**, 583-584 (Jan. 22, 1914). Beside this, Nicholson wrote a few papers examining the validity of the Bohr Theory: "Atomic Models and X-Ray Spectra," *Nature* **92**, 630 (Feb. 5, 1914); "The High-frequency Spectra of the Elements, and the Structure of the Atom," *Phil. Mag.* (6), **27**, 541-564 (April 1914); "Atomic Structure and the Spectrum of Helium," *Phil. Mag.* (6), **28**, 90-103 (July 1914).

<sup>48</sup> A. van den Broek, "The Structure of Atoms and Molecules," *Nature*, **93**, 241-242 (May 7, 1914).

<sup>49</sup> H. G. J. Moseley, "The High-frequency Spectra of the Elements. Part II," *Phil. Mag.* (6), **27**, 703-713 (April 1914).

<sup>50</sup> J. W. Nicholson, "The Constitution of Atoms and Molecules," *Nature*, **93**, 268-269 (May, 14, 1914).

interest. But they at least furnish examples of the attitude of those who were doubtful about the Bohr theory and yet favourable to the van den Broek hypothesis. This seems to reinforce our suggestion that the van den Broek hypothesis was received almost unanimously as a very natural proposition.

Van den Broek wrote further two short notes in order to strengthen his hypothesis.<sup>51</sup> In both of them he stressed that the spectra of characteristic X-rays were best expressed in terms of the atomic number. After this he apparently wrote no paper which was directly concerned with the atomic number hypothesis.

### 6. Speculation on the Structure of the Atom

Before concluding this paper, a few words may also be devoted to another aspect of van den Broek's speculation, which proves to be very interesting in view of the later development of the atomic physics.

Considerable part of the 1913 paper,<sup>52</sup> in which van den Broek first stated the atomic number hypothesis, was devoted to consideration of the arrangement of electrons around the nucleus. There he predicted the shell structure of electrons. The first ground for supposing the shell structure was furnished by the analysis by Rutherford of the energy spectrum of  $\gamma$ -rays from RaC.<sup>53</sup> Rutherford obtained the conclusion that the energy of the  $\gamma$ -rays from RaC could be expressed by a formula  $E_0 - (pE_1 + qE_2)$ , where  $E_0$  was the maximum value of the energy, and  $p$  and  $q$  were integral numbers. He interpreted this formula as follows. Inside the atom there would be two distinct regions 1 and 2 where an electron, passing through each of them, is slowed down to radiate  $\gamma$ -rays. If we denote the energy lost by electron passing through each of the regions by  $E_1$  and  $E_2$  respectively, and assume that when the electron passes through the regions 1 and 2, it radiates  $p$  and  $q$   $\gamma$ -rays respectively, the total energy radiated out will be  $pE_1 + qE_2$ . Here Rutherford did not use the term "quanta" of radiation. Now if we further assume that all the  $\gamma$ -rays are originally emitted with equal energy  $E_0$ , the formula above will immediately follow. Rutherford also observed small number of  $\gamma$ -rays which largely deviated from the preceding formula. Upon this observation he suspected the third region in which generation of  $\gamma$ -rays would require much more energy than in the first or second region. It should be remembered that at this time he considered  $\beta$ -rays to be excited electrons ejected out from the region outside the nucleus.

The second ground that van den Broek adduced in favour of the shell structure was J. J. Thomson's experiment on canal rays of 1912 which showed that mercury atom could be ionized to +8.<sup>54</sup> Since obviously the valence of mercury is not eight, argued van den Broek, this result must indicate that there is a group of electrons

<sup>51</sup> A. van den Broek, "Ordinals or Atomic Numbers?" *Phil. Mag.* (6), **28**, 630-632 (Oct. 1914); "Röntgenstrahlung und Ordnungszahlen," *Phys. Zeits.*, **15**, 894-895 (Nov. 1, 1914).

<sup>52</sup> *Op. cit.* (3), pp. 38-40.

<sup>53</sup> E. Rutherford, "The Origin of Beta and Gamma Rays from Radioactive Substances," *Phil. Mag.* (6), **24**, 453-462 (Oct. 1912).

<sup>54</sup> J. J. Thomson, "Multiply-charged Atoms," *Phil. Mag.* (6), **24**, 668-672 (Oct. 1912).

other than those responsible for valence. The third ground cited by him was the behaviour of the characteristic X-rays. J. J. Thomson considered the characteristic X-rays as originating from a group of electrons which were much more firmly bound together than those responsible for ionization.<sup>55</sup> Combining this interpretation with the fact that as the atomic weight increased there appeared successively three series of X-ray lines, K, L, and M, van den Broek supposed that there would be at least three distinct groups of electrons from which the characteristic X-rays originated.

Resuming these considerations he concluded that the atom probably contained, according to its atomic weight, one to five distinct groups of electrons. They are, from the outermost inward, the one which determines the valence, Thomson's octet group, and those 3 groups responsible for the characteristic X-rays, the existence of which had also been inferred from Rutherford's analysis of  $\gamma$ -rays emitted from RaC. Such a shell structure was also favourable to the periodic system proposed by van den Broek. In his periodic system there were many places which were occupied by more than one element. Chemical properties of those elements naturally ought to be similar to each other. This similarity would easily be accounted for if one assumes that as the atomic number increases, additional electrons join an inner group of electrons, the group of valence electrons being unaltered. More than this, remarked van den Broek, according to Thomson's theory of the atomic structure, new electron ring should be formed successively in the inner part of the atom as the number of electrons increases. With regard to the positive charge within the atom, however, Thomson's model cannot be accepted. But since, according to Rutherford, the positive charge is confined within an extremely small region, the structure of the positive charge would do little with the properties of the atom. This again confirms, concluded van den Broek emphasizing his hypothesis, that it is the number of electrons that bears fundamental importance for the properties of the atom.

His consideration outlined above draws much our interest. It may be said that, before Bohr introduced the concept of energy level, van den Broek obtained in advance, anticipating the shell structure of extra-nuclear electrons, some conceptions which were to be established later. It is also interesting to note how great and influential were J. J. Thomson's contributions to the inquiry into the atomic structure although his model itself eventually proved to be incorrect.

There naturally arises the question whether and, if any, how van den Broek's insight into the shell structure was subsequently developed by others. To say the conclusion, it attracted little attention of others. Van den Broek himself, after the early 1913 paper, again considered the arrangement of intra-atomic electrons in the letters to 25 December issue, 5 March issue, and 11 June issue of *Nature*.<sup>56</sup>

<sup>55</sup> J. J. Thomson, "Ionization by Moving Electrified Particles," *Phil. Mag.* (6), 23, 449-457 (April 1912), esp. pp. 456-7.

<sup>56</sup> A. van den Broek, *op. cit.* (32), "Atomic Models and Regions of Intra-atomic Electrons," *Nature*, 93, 7-8 (March 5, 1914); and " $\alpha$ - and  $\beta$ -Rays and the Structure of the Atom (Internal-Charge Numbers)," *Nature*, 93, 376-377 (June 11, 1914).

The arguments developed there were essentially the same as outlined above. No evidence which indicates that someone took interest in his insight has thus far been found. Only toward the end of 1915, W. Kossel<sup>57</sup> in the introduction of his paper dealing with the arrangement of extra-nuclear electrons on the basis of chemical consideration, cited van den Broek as well as Bohr as the pioneers attempting to account for the chemical properties of the atom on the basis of its inner electronic structure.

### 7. Concluding Remark

Van den Broek's hypothesis was a product of his continuing effort to establish mutual relations of chemical elements.

His hypothesis originated, as we have seen above, in his trials of constructing a comprehensive periodic system. The periodic system of element was generally intended to establish the natural order which would bring chemical elements into connection with each other. Interest in mutual relations of elements seems to have continued to be the most basic and strongest drive for the scientific speculation of van den Broek's. For example, in 1914 he published a paper which was intended to establish a relation between the half-value periods of the corresponding radioactive products of three radioactive series.<sup>58</sup> By the corresponding products he meant those products belonging to different radioactive series which had the same atomic number. Denoting the half-value periods of corresponding products of thorium, radium, and actinium series by  $\text{Th}_T$ ,  $\text{Ra}_T$  and  $\text{Ac}_T$  respectively, he asserted that there was the relation

$$\text{Th}_T = \sqrt{\text{Ra}_T \text{Ac}_T / c^{M-M(\text{Pb})}}$$

where  $M$  is the atomic number of the products in question,  $M(\text{Pb})$  that of lead, and  $c = \text{const.} = \pm 4.5$ . No theoretical foundation of this formula was stated. It merely expressed a relation which was contingently satisfied by observed values of those quantities. F. A. Lindemann, however, regarded this formula as indicating the importance of the nuclear charge. He therefore tried to give it a theoretical foundation.<sup>59</sup>

In 1916 van den Broek tried to establish, on the analogy with radioactive series, a scheme which was to predict the distribution of isotopes of light elements.<sup>60</sup> In the same year he also tried to find a scheme which would represent families of twin or doubly twin elements in the periodic system.<sup>61</sup> By twin element he meant those

<sup>57</sup> W. Kossel, "Über Molekülbildung als Frage des Atombaus," *Ann. d. Phys.* (4), **49**, 229–362 (1916), esp. p. 229.

<sup>58</sup> A. van den Broek, "Radio-activity and Atomic Numbers," *Nature*, **93**, 480 (July 9, 1914).

<sup>59</sup> F. A. Lindemann, "Radio-activity and Atomic Numbers," *Nature*, **93**, 584 (Aug. 6, 1914).

<sup>60</sup> A. van den Broek, "Über die Isotopen sämtlicher chemischen Elemente," *Phys. Zeits.*, **17**, 260–262 (June 15, 1916).

<sup>61</sup> A. van den Broek, "Eine allgemeine Zwillingsreihe der Atomarten," *Phys. Zeits.*, **17**, 579–581 (Dec. 1, 1916).

elements which were connected by the emission of  $\alpha$ -particle, or a pair of two elements, one with an odd atomic number and an atomic weight  $4n$  and the other with an even atomic number and an atomic weight  $4n + 3$ .

These attempts can not be said of any scientific significance. They are indeed amateurish attempt lacking sound foundation. But they at the same time reveal the characteristic feature of van den Broek's way of investigation. He always paid attention to latest scientific informations of various kinds. His interest lay in establishing an often superficial relation among them. He usually did not pay due attention to both whether it has physical foundation or necessity, and whether there is consistency among his various attempts. Such an attitude in many cases made his venture merely an *ad hoc* idea. At the same time, however, it made for him sometimes possible to propound an audacious hypothesis. The atomic number hypothesis may be said the most successful case of his amateurish audacity. The hypothesis was proposed, as we have occasionally remarked, on a rather arbitrary basis. But when it was published, the time was ripe. It gave a clear expression to what the contemporary physicists were, consciously or unconsciously, at the point of grasping. Precisely for this reason, we may conclude, his hypothesis was rapidly accepted and could give considerable impact on the development of the atomic physics of the time.

Throughout this investigation I have much profited by the ample knowledge of Mrs. S. Nisio about the state of the atomic physics in those days. Mr. J. Nemoto of the Meteorological Agency has offered me much convenience in using literature at the library of the Agency. I would like to express my cordial thanks to both of them.

Lynn WHITE, Jr.: *Machina ex Deo: Essays in the Dynamism of Western Culture.* Cambridge, Mass., The MIT Press, 1968, 186 pp.

As we enter the last third of the twentieth century, we have suddenly found ourselves in an unusual situation. The advancement of material civilization, increased industrial productivity, the pollution of the atmosphere, drinking water, river and sea, food and, above all, the human mind—all have awakened us to our unusual situation.

About three hundred and fifty years ago, Francis Bacon declared that man should become the minister and interpreter of nature, and that the training of the minister should be based not on scholastic philosophy, but on the “new” learning, that of science and technology. Now that Bacon’s exhortation has taken effect, and science and technology reign supreme, we are encountering unexpected difficulties. Once we imagined that we were nearing Utopia, or New Atlantis, but now we have found ourselves fallen into Inferno. What was the cause of these unwelcome effects? Which of the decisions made at the beginning of the Modern Age was at fault?

Regarding this unusual situation and these serious difficulties, Professor White, Jr. has some recommendations. Though the name and works of Professor White are little known in Japan, his studies of Medieval technology are highly regarded by European and American historians of technology.

His first article, entitled “Technology and Invention in the Middle Ages,” was published in *Speculum* in 1940. I was unable to read this until after World War II, but on doing so I was much impressed by its well-documented and completely revised account of technological development in the “Dark Ages”. Later, in 1961, Professor White published *Medieval Technology and Social Change*, in which he offered new insights into the organic relation between Medieval technological inventions (e.g. stirrup and harness) and the cultural changes of the feudal age. These works leave a deep impression of the author’s erudition and perceptiveness.

*Machina ex Deo* comprises eleven essays published in several journals by the same author during the years 1942–1967. Despite differences of title and date, all seem, at first sight, to be remarkably similar in intent. As explained on the book’s jacket, “He is concerned with bridging the present gap between the thinking of the engineers and that of the humanities—a mutual alienation that he considers historically unjustifiable”. And yet, if we look closely at these essays, we may discern some subtle differences in tone. The later essays are more gloomy, and, in par-

ticular, the very latest one, entitled "The Historical Roots of Our Ecological Crisis", is almost entirely pessimistic. According to the author's preface, this essay has attracted both enthusiasm and hostility. To us it appears reasonable, for it argues that the historical roots of the present ecological crisis lie in the anti-animistic and anthropocentric tendencies of the christian faith, and that the only way of emerging from this crisis is to follow the approach to nature suggested by St. Francis.

Turning to ourselves, we can easily recognize that we Japanese, though not Christians, not Catholics and of course not Franciscans, are yet encountering the same problems, and our crisis is perhaps even greater. How and where shall we find our way of emergence? If Japanese historians of science and technology can not reflect on our crisis, discover its historical roots and seek a means of confronting it, who can? Must we wait for the arrival ex Machina of St. Francis in Japan?

Seizo AOKI (Kobe University)

Thomas HAWKINS: *Lebesgue's Theory of Integration,  
Its Origins and Development.* University of  
Wisconsin Press, 1970, 227 pp.

This book deals with a history of the theory of integration, covering the period from about the middle of the 18th century (the time of Euler and d'Alembert) to the early part of the 20th century (the time of Lebesgue and his contemporaries). The emphasis, however, is on the half century or so following Riemann, and Dr. Hawkins devotes almost all of his pages to tracing the evolution of the theory of integration from its early development under Riemann to the (classically) decisive synthesis achieved by Lebesgue.

The book consists of the following chapters:

Introduction

- Chapter 1 Riemann's Theory of Integration
- Chapter 2 The Development of Riemann's Ideas: 1870–80
- Chapter 3 Set Theory and the Theory of Integration
- Chapter 4 The End of the Century: A Period of Transition
- Chapter 5 The Creation of Modern Integration Theory
- Chapter 6 Pioneering Applications of the Lebesgue Integral
- Epilogue The Lebesgue-Stieltjes Integral

In addition to these, there is a section headed "Reference Material", which contains, among other things, an appendix, "Dini's Theorem on the Differentiability of Continuous Functions", and a bibliography, in which are listed more than 300 books and articles.

On glancing at this table of contents, one might suspect that, despite the title of the book, only a few pages are assigned to Lebesgue's works. Indeed, it is not until Chapter 5 that Lebesgue's theory is taken up as the main subject. However, the author comments on this matter in his preface as follows:

Although a relatively small amount of space is devoted to actually discussing Lebesgue's work, it represents the focal point of the entire book. My objective has been to place Lebesgue's early work on integration theory (1901–10) within its proper historical context by relating it, on the one hand, to the developments during the nineteenth century that motivated it and gave it significance and, on the other hand, to the contributions made in this field by his contemporaries. It is my hope that this volume will engender an appreciation for Lebesgue's genius balanced by an appreciation for the manner in which his work builds upon that of many other mathematicians.

We believe that, since this study is based on the detailed investigation of original books and papers, Hawkins' "hope" has, to a large extent, been realized.

Regarding the basic idea of this book, a further point is worthy of remark: that the author's insight into this period of history seems to be influenced by Bourbaki's historical idea found in the first half of his "*Note historique (de l'intégration)*". (This "*Note*" is compiled in his "*Eléments d'histoire des mathématiques*". The first edition of this work, that of 1960, is listed in the bibliography of Hawkins' book.) Although we can not claim definitely that Hawkins' treatment is based on Bourbaki's ideas, we believe that we can identify the latter's influence. This remark is not, of course, intended to detract from the value of Hawkins' book. On the contrary, we are fully aware of the fact that it would be a most difficult and most valuable enterprise to compose a more excellent history than Bourbaki's, in whatever field of mathematics and, in our opinion, Hawkins' work deserves to be called, to a certain degree, an elaboration of Bourbaki's history.

A detailed plan of this history is set out in the "Introduction", and is worked out, step by step, during the course of the following chapters. Firstly, "(1) a fully developed measure-theoretic point of view and (2) a number of theoretical 'problems' that had been discovered within the context of Riemann's definition of the integral" are identified as pre-Lebesgue contributions; then Lebesgue's theory is depicted not only as the measure-theoretic generalization of the integral but also as "an analytical tool capable of dealing with—and to a large extent overcoming—the unsolved problems that had arisen in connection with the old theory of integration". These were problems concerning such matters as the trigonometric series, the "Fundamental Theorem II (viz., the assertion that  $\int_a^b f'(x)dx = f(b) - f(a)$ )", the length of the curve, the identity of double integrals and iterated integrals. Many important notions and theories in Lebesgue's theory are discussed in connection with these problems. Since the scope of this history is limited to the classical theory, Lebesgue's theory of integration is viewed as the final stage of development, and the "Epilogue" is devoted to a discussion of the Lebesgue-Stieltjes integral, which opened various ways leading this classical theory into more modern fields of research.

Generally speaking, it is the technical aspects of his subject that Hawkins handles most successfully, but the remarks less technical in character which he occasionally inserts between technical details sometimes throw light upon the work as a whole. In particular, the following example, taken from the "Introduction", reveals an important aspect of the author's general historical insight:

Lebesgue's work on the Fundamental Theorem II and on the theory of curve rectification played an important role in his discovery that a continuous function of bounded variation possesses a finite derivative except possibly on a set of Lebesgue measure zero. This theorem gains in significance when viewed against the background of the century-long discussion of the

differentiability properties of continuous functions. During roughly the first half of the nineteenth century, it was generally thought that continuous functions are differentiable at “most” points, although continuous functions were frequently assumed to be “piecewise” monotonic. (Thus, differentiability and monotonicity were linked together, albeit tenuously.) By the end of the century this view was discredited, and no less a mathematician than Weierstrass felt there must exist continuous monotonic functions that are nowhere differentiable. Thus, in a sense, Lebesgue’s theorem substantiated the intuitions of an earlier generation of mathematicians.

We consider such a combination of technical detail and general comment is useful for students both of the history of mathematics and of the pure mathematics. It is one of the strong points of Hawkins’ work.

Nevertheless, as a special comment, we must express our regret that the author does not touch upon the concept of non-measurable  $L$ . It is well known that on this concept depend important issues such as the axiom of choice, the descriptive set theory, the measure-problem, or, more generally, many problems on the (so-called) foundations of mathematics. It is true that this subject is so difficult and so profound that its treatment would require another book and that, therefore, we must appreciate the way in which Dr. Hawkins, without attempting such a formidable task, has drawn an excellent picture of the theoretical world. Nevertheless, we can not help thinking that he might have made at least passing mention of such an important subject. We also believe that the same criticism apply to Bourbaki’s “*Note historique (de l’intégration)*”, at least if we view it as being separate from the main mathematical text of “*Théorie d’Intégration*”, where these issues in question are not mentioned.

Tamotsu MURATA (Rikkyo University)

## News

### Annual Meeting

The History of Science Society of Japan met for its 18th annual meeting on May 2 and 3, 1971, at Kanda Campus of Senshu University, Tokyo. The following are the papers and the symposium presented on that occasion.

#### May 2

Women Scientists in Japan and in other Countries	Teruko SEKINE, Aiko YAMASHITA, & Akashiko YOSHIMURA
Mathematical Books in the early Edo Period	Kazuo SHIMODAIRA
Technical Terms of Physics in the early Meiji Period	Manpei HASHIMOTO
H. Nagaoka's Spectroscopy (1908-23)—Social Aspects—	Eri YAGI
Specialization of Chemical Profession in the Meiji Period	Kunika SUGAWARA
On Yoan Udagawa	Tatsumasa DOKE
Saburo Utsunomiya and Kojunsha	Minoru TANAKA
Cytology in Japan—"Protoplasmics" and Gihei Yamaha—	Zenji SUZUKI
History of the River Exploitation	Yoshinori KANEZEKI
A History of "Vital Force"	Tatsumasa DOKE
The Theory of Evolution in the Textbooks of Biology in Japan	
	Ichio MORI & Masakazu NISHIKAWA
Stages of the World History in relation to the Technical Development	HSIEH Shin-Hui
Development of Automobile Industry in Japan	Hiroo KATO
On the Methods of the History of Physics	Shigeki MATSUO
How to Teach History of Science and Technology	Masao IWAKI
Computor-aided Indexing of <i>Nihon Kagaku-Gijutsu-Shi Taikei</i> and a Thesaurus for Historical Documents	Tetsuo TOMITA & Kazutoshi HATTORI

#### May 3

On Aristotle's Theory of Nutrition of Plants "Proportionalia" in the Medieval Mechanics	Kazuo MAFUNE
	Tsuyoshi OGAWA & Isao OHAMI
Kepler's Process of Conceiving his Harmonic Law	Fukutaro SHIMAMURA
Possible Influences of Huygens' Theory of Impact on Newton's <i>Principia</i>	Masahiko YOKOYAMA
A History of Probability: D'Alembert and Condorcet	Eizo YAMAZAKI
The Acceptance of the Abbe Theory of 1873, with reference to Optical Information Theory	Keiichi TSUNEISHI
Planck's Theory of Quantization of the Phase Space	Sigeiko NISIO
On van den Broek's Hypothesis	Tetu HIROSIGE

*Symposium: Reappraisal of Nineteenth-Century Science*

## A. Reports

The Making of "Academism"

Shigeru NAKAYAMA

Nineteenth-Century Mathematics

Tamotsu MURATA

Nineteenth-Century Medicine

Yonezo NAKAGAWA

B. Comments Hajime KASHIWAGI, Zenji SUZUKI, &amp; Kenzo SAKAMOTO

C. Discussion

Tetsuo TSUJI &amp; Kunio Goto (Chairmen)

**New Monographs**

The History of Science Society of Japan has recently published the following two monographs:

Martin Levey, Chemical Aspects of Medieval Arabic Minting.

Martin Levey and Mohammad Yadegari, Abū Kāmil's "On the Pentagon and Decagon."

These monographs are supplements to the *Japanese Studies in the History of Science* and are obtainable through JAPAN PUBLICATIONS TRADING CO., LTD., P. O. Box 5030 Tokyo International, Tokyo, Japan.

## Cumulative Index to Volumes I~IX

### A

- Abū Kāmil.** Transmission of Indeterminate Equations as Seen in an Istanbul Manuscript of, Martin LEVEY . . . . . IX, 17
- ACHIWA, Goro.** On the First Anatomical Chart in Japan. . . . . V, 193
- African Universities after World War II.** Science Education in Tropical, Chie FUJITA and ERI YAGI . . . . . VII, 143
- Alchemy.** On the Reconstruction of Chinese, Nathan SIVIN . . . . . VI, 60
- American-Japanese Scientific and Cultural Contacts in the Late Nineteenth Century.** Science Across the Pacific:, Masao WATANABE . . . . . IX, 115
- Anatomical Chart in Japan.** On the First, Goro ACHIWA . . . . . V, 193
- (Anatomy).** L'Entretien nocturne avec l'ombre de Sugita Guenpaku. Suketoshi YAJIMA . . . . . II, 164
- (Anatomy).** Pancreas known by the Chinese in the Middle Ages. Saburō MIYASHITA . . . . . VIII, 167
- Anaesthetic.** Mandrake Once Traveled in China as an, Saburō MIYASHITA .V, 189
- Anesthesia and the modern Surgery".** Seishu Hanaoka "Pioneer of the General, Hiromu TAKEBAYASHI . . . . . VI, 115
- Arts and Modern Technology.** Studies on the History of the Japanese Traditional, Mitukuni YOSIDA . . . . . I, 135
- Asada Gōryū.** On the Alleged Independent Discovery of Kepler's Third Law by, Shigeru NAKAYAMA . . . . . VII, 55
- Astrology Contribute to the Development of Astronomy? Did,** Shigeru NAKAYAMA . . . . . I, 137
- Astronomical Tables in China—From the Wutai to the Ch'ing Dynasties.** Kiyosi YABUTI . . . . . II, 94
- Astronomical Parameters and the Revival of Trepidation in Japan.** Cyclic Variation of, Shigeru NAKAYAMA . . . . . III, 68
- Astronomy.** Japanese Studies in the History of, Shigeru NAKAYAMA . . . I, 14
- (Astronomy).** A Study on the *Rekishō Shinsho*. (I), (II). Minoru OHMORI . . . . . II, 146; III, 81
- Astronomy during the Early Half of 1960's.** Japanese Activities in the History of, Shigeru NAKAYAMA . . . . . VI, 1
- Atom Model.** The Role of the Chemical Considerations in the Development of Bohr, Sigeiko NISIO . . . . . VI, 26
- Atom Model and Planck's Theory of Radiation.** The Genesis of the Bohr, Tetu HIROSIGE and Sigeiko NISIO . . . . . IX, 35
- Atomic Constitution.** Formation of Bohr's Theory of, Tetu HIROSIGE and Sigeiko NISIO . . . . . III, 6

<b>Atomic Model (1903). On Nagaoka's Saturnian, Eri YAGI . . . . .</b>	<b>III, 29</b>
<b>Atomic Nucleus. <math>\alpha</math>-Rays and the, Sigeko NISIO . . . . .</b>	<b>IV, 91</b>
<b>Atomic Model (I)—Dispersion on Light—(1905)—. The Development of Nagaoka's Saturnian, Eri YAGI . . . . .</b>	<b>VI, 19</b>
<b>Atomic Structure at the Early Stage of the Old Quantum Theory. X-rays and, Sigeko NISIO . . . . .</b>	<b>VIII, 55</b>
<b>Atomism (I). On Indian, Isao OHAMI . . . . .</b>	<b>VI, 41</b>
<b>Atomism (IV) Chemical and Physical Models for Atomistic Notion—Its Conceptual Development in Relation to the Evolution of the Concept of Chemical Substance. A Contribution to the History of, Minoru TANAKA . . . . .</b>	<b>VIII, 125</b>
<b>Atomistic Way of Thinking in Mathematics. A Few Remarks on the, Tamotsu MURATA . . . . .</b>	<b>VI, 47</b>
<b>Atomistik (I) Ueber die Rolle der Chemischen Forschung beim Werdegang der Modernen Atomistik. Ein Beitrag zur Geschichte der, Minoru TANAKA . . . . .</b>	<b>I, 111</b>
<b>Atomistik (II) Ueber die Gründe der Verspätung der Anerkennung der Avogadroschen Hypothese. Ein Beitrag zur Geschichte der, Minoru TANAKA . . . . .</b>	<b>II, 127</b>
<b>Atomistik (III) Ueber Ursprünge skeptischer Auffassungen gegen Atomhy- pothese der Chemie neunzehnten Jahrhunderts. Ein Beitrag zur Geschichte der, Minoru TANAKA . . . . .</b>	<b>V, 87</b>

**B**

<b>Ballistical Laws by a Japanese Mathematician and Its Origin. The First, Kiyonobu ITAKURA . . . . .</b>	<b>II, 136</b>
<b>Balmer to the Combination Principle. From, Sigeko NISIO . . . . .</b>	<b>V, 50</b>
<b>Biochemistry in Japan. Establishment of, Tatsumasa DOKE . . . . .</b>	<b>VIII, 145</b>
<b>Biology in Japan. On the Study of the History of, Ryuichi YASUGI and Hisaharu TSUKUBA . . . . .</b>	<b>I, 35</b>
<b>Biology Recently Published in Japan. Studies of the History of, Teiri NAKAMURA . . . . .</b>	<b>IV, 60</b>
<b>Bohr's Theory of Atomic Constitution. Formation of, Tetu HIROSIGE and Sigeko NISIO . . . . .</b>	<b>III, 6</b>
<b>Bohr Atom Model. The Role of the Chemical Considerations in the Development of, Sigeko NISIO . . . . .</b>	<b>VI, 26</b>
<b>Bohr Atom Model and Planck's Theory of Radiation. The Genesis of the, Tetu HIROSIGE and Sigeko NISIO . . . . .</b>	<b>IX, 35</b>
<b>Bürger. A Brief Chronology of Dr. Heinrich, Yoshikazu ISHIYAMA . . .</b>	<b>IX, 107</b>

**C**

<b>Calender. A Simple Method for Mental Conversion of a Year expressed in</b>
---

Cyclical Characters to the Corresponding Year in the Western, Nathan SIVIN . . . . .	IV, 132
Calendrical Science. Characteristics of Chinese, Shigeru NAKAYAMA . .	IV, 124
Center of Activity: Its Shift from the 16th to the 20th Century. Mitsutomo YUASA . . . . .	I, 57
Chemical Considerations in the Development of Bohr Atom Model. The Role of the, Sigeko NISIO . . . . .	VI, 26
Chemical Studies on Ancient Japanese Glass Beads from the Izumi Kyo- zuka (Sūtra Mound), Osaka; the Kyozuka Old Tomb, Osaka; and the Momotani Old Tomb, Kyoto, and Ancient Chinese Glass Disk (Pi), and Glass Bead. Teruko MUROGA . . . . .	VII, 83
Chemical and Physical Models for Atomistic Notion—Its Conceptual Development in Relation to the Evolution of the Concept of Chemical Substance. A Contribution to the History of Atomism (IV), Minoru TANAKA . . . . .	VIII, 125
Chemical Study on Some Archaeological Samples from Marlik in Iran. A, Teruko MUROGA . . . . .	IX, 99
(Chemie). Ein Beitrag zur Geschichte der Atomistik (II) Ueber die Gründe der Verspätung der Anerkennung der Avogadroschen Hypothese. Minoru TANAKA . . . . .	II, 127
Chemie in Japan (Mitteilung I) Studien über den Prozess der Verpfanzung und Selbständigung der Naturwissenschaften als wesentlicher Teil des Werdegangs modernen Japans. Hundert Jahre der, Minoru TANAKA . . . . .	III, 89
Chemie in Japan (Mitteilung II) Die Art und Weise der Selbständigung chemischer Forschungen während der Periode 1901–1930. Hundert Jahre der, Minoru TANAKA . . . . .	IV, 162
Chemie neunzehnten Jahrhunderts. Ein Beitrag zur Geschichte der Atomik (III) Ueber Ursprünge skeptischer Auffassungen gegen Atomhy- pothese der, Minoru TANAKA . . . . .	V, 87
Chemie in Japan—Einführung und Aufnahme der modernen Materien- begriffe. Einige Probleme der Vorgeschichte der, Minoru TANAKA . .	VI, 96
Chemischen Forschung beim Werdegang der Modernen Atomistik. Ein Beitrag zur Geschichte der Atomistik (I) Ueber die Rolle der, Minoru TANAKA . . . . .	I, 111
Chemistry in Japan. On the Studies of History of, Yojiro TSUZUKI and Aiko YAMASHITA . . . . .	IV, 41
Chemistry; A Newtonian Influence on 18th Century Chemistry. Stephen Hales' Work in, Eri YAGI . . . . .	V, 75
Chemistry of Taste in Japan. History of the, Yojiro TSUZUKI and Aiko YAMASHITA . . . . .	VII, 1
Chemistry in Japan. A Note on the Development of, Minoru TANAKA . .	VII, 61

<b>Chemistry in Japan.</b> Teaching the History of, Bun-ichi TAMAMUSHI . . . . .	VIII, 9
<b>China by Japanese Scholars.</b> Studies on the History of Science and Technology in, Mitukuni YOSIDA . . . . .	I, 7
<b>China—Especially on the Machine-Tool Production.</b> Some Perplexities of the Concepts of Industries, found in the Political Opinions on the Weapon Manufacture, in the Age of the Westernization Movements in, Tetsuo TOMITA . . . . .	I, 138
<b>China—From the Wutai to the Ch'ing Dynasties.</b> Astronomical Tables in, Kiyosi YABUUTI . . . . .	II, 94
<b>China.</b> Proto-Endocrinology in Mediaeval, Joseph NEEDHAM and LU Gwei-Djen . . . . .	V, 150
<b>China as an Anaesthetic.</b> Mandrake Once Traveled in, Saburō MIYASHITA . . . . .	V, 189
<b>China and West.</b> Educational Institutions and the Development of Scientific Thought in, Shigeru NAKAYAMA . . . . .	V, 172
<b>Chinese Calendrical Science.</b> Characteristics of, Shigeru NAKAYAMA . .	IV, 124
<b>Chinese Alchemy.</b> On the Reconstruction of, Nathan SIVIN . . . . .	VI, 60
<b>Chinese Science.</b> Synopsis of History of, Shigeru NAKAYAMA . . . . .	VIII, 21
<b>Chinese in the Middle Ages.</b> Pancreas Known by the, Saburō MIYASHITA . . . . .	VIII, 167
<b>Chinese Science.</b> Kyoto Group of the History of, Shigeru NAKAYAMA . .	IX, 1
<b>Civilisations hétérogènes.</b> De l'inertie de la pensée humaine—Ce qu'on voit à rencontre des deux, Suketoshi YAJIMA . . . . .	II, 154
<b>Copernicanism into Japan.</b> Abhorrence of "God" in the Introduction of, Shigeru, NAKAYAMA . . . . .	III, 60

## D

<b>Darwin's Theories in Japan.</b> Present-day Evaluation of the Ecological Aspects of, Kazuo SIBUYA . . . . .	I, 117
<b>"Data" of Euclid.</b> On the Medieval Latin Translation of the, Shuntaro ITO . . . . .	V, 100
<b>Descartes.</b> La Physique de, Eizo YAMAZAKI . . . . .	VII, 27
<b>Dettonville."</b> Sur l'Irrégularité de Numérotation des Figures dans les "Lettres de, Kokiti HARA . . . . .	VIII, 33
<b>Diffusion des Sciences Européennes au Japon.</b> Un Aspect de l'Histoire de la, Akira KOBORI . . . . .	III, 1
<b>Dijksterhuis.</b> Newton's Theory of Dynamics Reexamined by E.J., Masao WATANABE . . . . .	V, 207
<b>DOKE, Tatsumasa,</b> The Controversy between Liebig and Pasteur. . . .	VI, 87
———, Establishment of Biochemistry in Japan. . . . .	VIII, 145
<b>Dutch Learning.</b> Studies of Trajectory in Japan before the Days of, Kiyonobu ITAKURA and Reiko ITAKURA . . . . .	I, 83

(Dutch Learning). . . . . See also **Rangaku**.

## E

- Ecological Aspects of Darwin's Theories in Japan.** Present-day Evaluation of the, Kazuo SIBUYA . . . . . I, 117
- Education in Tropical African Universities after World War II.** Science, Chie FUJITA and Eri YAGI . . . . . VII, 143
- (Education).** Teaching the History of Chemistry in Japan. Bun-ichi TAMAMUSHI . . . . . VIII, 9
- Educational Institutions and the Development of Scientific Thought in China and the West.** Shigeru NAKAYAMA . . . . . V, 172
- Electrodynamics before the Theory of Relativity, 1890-1905.** Tetu HIROSIGE . . . . . V, 1
- Electromagnetic Field.** Lorentz's Theory of Electrons and the Development of the Concept of, Tetu HIROSIGE . . . . . I, 101
- Electron of H. A. Lorentz.** Zeeman Effect and the Theory of, Shinji ENDO and Sachie SAITO . . . . . VI, 1
- Electrons and the Development of the Concept of Electromagnetic Field.** Lorentz's Theory of, Tetu HIROSIGE . . . . . I, 101
- ENDO, Shinji and Sachie SAITO,** Zeeman Effect and the Theory of Electron of H. A. Lorentz. . . . . VI, 1
- Endocrinology in Mediaeval China.** Proto-, Joseph NEEDHAM and LU Gwei-Djen . . . . . V, 150
- Equations as Seen in an Istanbul Manuscript of Abū Kāmil.** Transmission of Indeterminate, Martin LEVEY . . . . . IX, 17
- Ether.** Theory of Relativity and the, Tetu HIROSIGE . . . . . VII, 37
- Euclid.** On the Medieval Latin Translation of the *Data* of, Shuntaro ITO . . . . . V, 100
- Evolution Theory in Late Nineteenth Century Japan:** A Statistical Analysis of the Contemporary Periodicals. General Academic Trend and the, Masao WATANABE and Yōko OSE . . . . . VII, 129
- Evolution.** Mendel's Two Genetics Papers Viewed from the Standpoint of, Yosito SINOTŌ . . . . . VIII, 155
- Evolutionist and Missionary in Japan.** John Thomas Gulick: American, Masao WATANABE . . . . . V, 140
- Explosives? Who Invented the,** Heizo NAMBO . . . . . IX, 49

## F

- FUJITA, Chie and Eri YAGI,** Science Education in Tropical African Universities after World War II. . . . . VII, 143

## G

- Galileo and Newton's Problem of World-Formation.** Shigeru NAKAYAMA . . . . . I, 76

<b>Genetics.</b> Methodological Problems in the History of, Ryuichi YASUGI . III,	108
<b>Genetics Papers Viewed from the Standpoint of Evolution.</b> Mendel's Two, Yosito SINOTŌ . . . . .	VIII, 155
<b>Gillispie.</b> Between Science and Humanism—On C. C., Eikoh SHIMAO . . V,	211
"God" in the Introduction of Copernicanism into Japan. Abhorrence of, Shigeru NAKAYAMA . . . . .	III, 60
<b>Gulick,</b> American Evolutionist and Missionary in Japan. John Thomas, Masao WATANABE . . . . .	V, 140

**H**

<b>Hales' Work in Chemistry;</b> A Newtonian Influence on 18th Century Chemistry. Stephen, Eri YAGI . . . . .	V, 75
<b>Hanaoka,</b> "Pioneer of the General Anesthesia and the Modern Surgery." Seishu, Hiromu TAKEBAYASHI . . . . .	VI, 115
<b>HARA,</b> Kokiti, Sur l'Irrégularité de Numérotation des Figures dans les <i>Lettres de Dettonville</i> . . . . .	VIII, 33
<b>Harvey</b> and his Theories of Physiology. William, Teiri NAKAMURA . . . . IV,	143
<b>HASHIMOTO,</b> Michio, Development of Social Consciousness in the History of Public Health in Japan. . . . .	III, 127
<b>HATTORI,</b> Kazutoshi, Tetsuo TOMITA and, History of Science Society of Japan (ed.): <i>Nihon Kagaku-Gijutsu-shi Taikei</i> (History of Science and Technology in Japan), 25 Vols., 1964–1970. . . . .	IX, 164
<b>Heat as Used and Developed by Joule in his Investigation.</b> The Dynamic Theory of, Masao WATANABE . . . . .	I, 94
<b>HIROSIGE,</b> Tetu, Studies of History of Physics in Japan. . . . .	I, 26
_____, Lorentz's Theory of Electrons and the Development of the Concept of Electromagnetic Field. . . . .	I, 101
_____, Social Conditions of the Researches of Nuclear Physics in Pre- War Japan. . . . .	II, 80
_____, and Sigeko NISIO, Formation of Bohr's Theory of Atomic Con- stitution. . . . .	III, 6
_____, and Sigeko NISIO, Studies in the History of Physics by Japanese Historians during the Last Few Years. . . . .	IV, 28
_____, A Consideration concerning the Origins of the Theory of Relativity. . . . .	IV, 117
_____, Electrodynamics before the Theory of Relativity, 1890–1905. . . V, 1	
_____, Theory of Relativity and the Ether. . . . .	VII, 37
_____, and Sigeko NISIO, Rise and Fall of Various Fields of Physics at the Turn of the Century. . . . .	VII, 93
_____, Source Books in the Modern Physics. . . . .	VIII, 17
_____, Activities of Japan's Group for History of Physics. . . . .	IX, 5
_____, and Sigeko NISIO, The Genesis of the Bohr Atom Model and	

Planck's Theory of Radiation. . . . .	IX, 35
_____, Armin Hermann: <i>Frühgeschichte der Quantentheorie (1899-1913)</i> , Physik Verlag, Mosbach in Baden, 1969, 181 pp. . . . .	IX, 161
HSIEH Shin-Hui, Stages in the History of Contemporary Science and Technology. . . . .	VII, 115

## I

Indian Atomism (I). On, Isao OHAMI . . . . .	VI, 41
<b>Industries</b> , found in the Political Opinions on the Weapon Manufacture, in the Age of the Westernization Movements in China—Especially on The Machine-Tool Production. Some Perplexities of the Concepts of, Tetsuo TOMITA . . . . .	I, 138
<b>Iran</b> . A Chemical Study on Some Archaeological Samples from Marlik in, Teruko MUROGA . . . . .	IX, 99
ISHIGAI, Seikan, Fundamental Factors in the Development of Technics as Manifested in the Sequence of its Historical Stages. . . . .	I, 125
ISHIYAMA, Yoshikazu, A Brief Chronology of Dr. Heinrich Bürger. . . IX, 107	
ITAKURA, Kiyonobu and Reiko ITAKURA, Studies of Trajectory in Japan before the Days of Dutch Learning. . . . .	I, 83
_____, The First Ballistical Laws by a Japanese Mathematician and Its Origin. . . . .	II, 136
ITAKURA, Reiko, Kiyonobu ITAKURA and, Studies of Trajectory in Japan before the Days of Dutch Learning. . . . .	I, 83
ITO, Shuntaro, On the Medieval Latin Translation of the <i>Data</i> of Euclid. . . . .	V, 100

## J

<b>Japan</b> . Studies of History of Physics in, Tetu HIROSIGE . . . . .	I, 26
<b>Japan</b> . On the Study of the History of Biology in, Ryuichi YASUGI and Hisaharu TSUKUBA . . . . .	I, 35
<b>Japan</b> . A Survey of the Interest for the History of Medicine in, Yonezo NAKAGAWA . . . . .	I, 38
<b>Japan's</b> Contributions to the Modern History of Technology. Toshio YAMAZAKI . . . . .	I, 45
<b>Japan</b> . Die Entwicklung der Theorien vom "Ki" (Chhi) als Grundproblem der Naturphilosophie an Alten, Hiroto SAIGUSA . . . . .	I, 51
<b>Japan</b> before the Days of Dutch Learning. Studies of Trajectory in, Kiyonobu ITAKURA and Reiko ITAKURA . . . . .	I, 83
<b>Japan</b> . Present-day Evaluation of the Ecological Aspects of Darwin's Theories in, Kazuo SIBUYA . . . . .	I, 117
<b>Japan</b> . The History of Research Organization in, Chikayoshi KAMATANI . . II, 1	
<b>Japan</b> . Scientific Revolution in Nineteenth Century, Mitsutomo YUASA . II, 119	

Japan during the Meiji Period. The Magic Mirror as Studied in, Masao WATANABE . . . . .	III, 48
Japan. Abhorrence of "God" in the Introduction of Copernicanism into, Shigeru NAKAYAMA . . . . .	III, 60
Japan. Cyclic Variation of Astronomical Parameters and the Revival of Trepidation in, Shigeru NAKAYAMA . . . . .	III, 68
Japan—Around the Debaton of Importation Patents—. The Origin of Patent System in, Tetsuo TOMITA . . . . .	III, 114
Japan. On the Studies of History of Chemistry in, Yojiro TSUZUKI and Aiko YAMASHITA . . . . .	IV, 41
Japan. Studies of the History of Biology Recently Published in Teiri NAKAMURA . . . . .	IV, 60
Japan, 1961–1965. A Survey of the History of Medicine in, Yonezo NAKAGAWA . . . . .	IV, 76
Japan: Einführung und Aufnahme der modernen Materienbegriffe. Einige Probleme der Vorgeschichte der Chemie in, Minoru TANAKA . . . . .	VI, 96
Japan. History of the Chemistry of Taste in, Yojiro TSUZUKI and Aiko YAMASHITA . . . . .	VII, 1
Japan. A Note on the Development of Chemistry in, Minoru TANAKA . . . . .	VII, 61
Japan around 1900. On the Market Milk in, Shigeaki SUZUKI . . . . .	VII, 71
Japan: A Statistical Analysis of the Contemporary Periodicals. General Academic Trend and the Evolution Theory in Late Nineteenth Century, Masao WATANABE and Yōko OSE . . . . .	VII, 129
Japan (Nihon Sugakushi Gakkai). Activities of "the History of Mathematics Society of, Kazuo SHIMODAIRA . . . . .	VIII, 1
Japan. Teaching the History of Chemistry in, Bun-ichi TAMAMUSHI . . . . .	VIII, 9
Japan's Group for History of Physics. Activities of, Tetu HIROSIGE . . . . .	IX, 5
Japan: 1966–1970. Philosophy of Science in, Hiroshi NAGAI . . . . .	IX, 13
Japan. The Growth of Scientific Communities in, Mitsutomo YUASA . . . . .	IX, 137
Japanese Scholars. Studies on the History of Science and Technology in China by, Mitukuni YOSIDA . . . . .	I, 7
Japanese Mathematics. A Short Note on the History of, Shin-ichi OYA . . . . .	I, 23
Japanese Traditional Arts and Modern Technology. Studies on the History of the, Mitukuni YOSIDA . . . . .	I, 135
Japanese Activities in the History of Astronomy during the Early Half of 1960's. Shigeru NAKAYAMA . . . . .	IV, 1
Japanese Historians of Mathematics during the Last Decade. Activities of, Kazuo SHIMODAIRA . . . . .	IV, 20
Japanese Historians during the Last Few Years. Studies in the History of Physics by, Tetu HIROSIGE and Sigeko NISIO . . . . .	IV, 28

<b>Japanese Glass Beads from the Izumi Kyo-zuka (Sūtra Mound), Osaka; the Kyozuka Old Tomb, Osaka; and the Momotani Old Tomb, Kyoto, and Ancinet Chinese Glass Disk (Pi<sup>1</sup>), and Glass Bead. Chemical Studies on Ancient,</b> Teruko MUROGA . . . . .	VII, 83
<b>Japanese Scientific and Cultural Contacts in the Late Nineteenth Century.</b>	
Science Across the Pacific: American-, Masao WATANABE . . . . .	IX, 115
<b>Japon. Coup d'oeil sur l'histoire des sciences au,</b> Suketoshi YAJIMA . . . . I, 3	
<b>Japon. Un Aspect de l'Histoire de la Diffusion des Sciences Européennes au,</b> Akira KOBORI . . . . .	III, 1
<b>JEON Sang-Woon, Understanding of Science in History of Korea with Emphasis on Scientists in Early 15th Century.</b> . . . . .	VI, 124
<b>Joule in his Investigations. The Dynamic Theory of Heat as Used and Developed by,</b> Masao WATANABE . . . . .	I, 94

**K**

<b>KAMATANI, Chikayoshi, The History of Research Organization in Japan.</b> . . . . .	II, 1
<b>KATAGIRI, Kazuo, The Schools of Rangaku Scholars.</b> . . . . .	IV, 173
<b>Kepler's Third Law by Asada Gōryū. On the Alleged Independent Discovery of,</b> Shigeru NAKAYAMA . . . . .	VII, 55
<b>KOBORI, Akira, Un Aspect de l'Histoire de la Diffusion des Sciences Européennes au Japon.</b> . . . . .	III, 1
<b>Korea with Emphasis on Scientists in Early 15th Century. Understanding of Science in History of,</b> JEON Sang-Woon . . . . .	VI, 124
<b>Kyoto Group of the History of Chinese Science.</b> Shigeru NAKAYAMA. . . . .	IX, 1

**L**

<b>Latin Translation of the <i>Data</i> of Euclid. On the Medieval,</b> Shuntaro ITO . . . . .	V, 100
<b>LEVEY, Martin, Transmission of Indeterminate Equations as Seen in an Istanbul Manuscript of Abū Kāmil.</b> . . . . .	IX, 17
<b>Liebig and Pasteur. The Controversy between,</b> Tatsumasa DOKE . . . . VI, 87	
<b>Lorentz's Theory of Electrons and the Development of the Concept of Electromagnetic Field.</b> Tetu HIROSIGE . . . . .	I, 101
<b>Lorentz. Zeeman Effect and the Theory of Electron of H. A.,</b> Shinji ENDO and Sachie SAITO . . . . .	VI, 1
<b>LU Gwei-Djen, Joseph NEEDHAM and, Proto-Endocrinology in Mediaeval China.</b> . . . . .	V, 150

**M**

<b>Magic Mirror as Studied in Japan during the Meiji Period. The,</b> Masao WATANABE . . . . .	III, 48
--	---------

<b>Mandrake Once Traveled in China as an Anaesthetic.</b> Saburō MIYASHITA . . . . .	V, 189
<b>Materienbegriffe.</b> Einige Probleme der Vorgeschichte der Chemie in Japan. Einführung und Aufnahme der modernen, Minoru TANAKA . . . . .	VI, 96
<b>Mathematics.</b> A Short Note on the History of Japanese, Shin-ichi OYA . . I, 23	
<b>Mathematics during the Last Decade.</b> Activities of Japanese Historians of, Kazuo SHIMODAIRA . . . . .	IV, 20
<b>Mathematics.</b> A Few Remarks on the Atomistic Way of Thinking in, Tamotsu MURATA . . . . .	VI, 47
<b>Mathematics Society of Japan (Nihon Sugakushi Gakkai).</b> Activities of "the History of, Kazuo SHIMODAIRA . . . . .	VIII, 1
<b>Medicine in Japan.</b> A Survey of the Interest for the History of, Yonezo NAKAGAWA . . . . .	I, 38
<b>Medicine in Japan, 1961–1965.</b> A Survey of the History of, Yonezo NAKAGAWA . . . . .	IV, 76
<b>Mendel's Two Genetics Papers Viewed from the Standpoint of Evolution.</b> Yosito SINOTŌ . . . . .	VIII, 155
<b>Milk and Milk Products in the Ancient World.</b> Shigeaki SUZUKI . . . IV, 135	
<b>Milk in Japan around 1900.</b> On the Market, Shigeaki SUZUKI . . . VII, 71	
<b>Milne.</b> The Early Scientific Work of John, John WARTNABY . . . VIII, 77	
<b>Mirror as Studied in Japan during the Meiji Period.</b> The Magic, Masao WATANABE . . . . .	III, 48
<b>MIURA, Toyohiko,</b> A Short History of Silicosis in Japan. . . . .	I, 137
<b>MIYASHITA, Saburō,</b> Mandrake Once Traveled in China as an Anaesthetic. . . . .	V, 189
_____, Pancreas Known by the Chinese in the Middle Ages. . . . .	VIII, 167
<b>MURATA, Tamotsu,</b> On the Meaning of "Virtualité" in the History of the Set Theory. . . . .	V, 119
_____, A Few Remarks on the Atomistic Way of Thinking in Mathematics. . . . .	VI, 47
<b>MUROGA, Teruko,</b> Chemical Studies on Ancient Japanese Glass Beads from the Izumi Kyo-zuka (Sūtra Mound), Osaka; the Kyozuka Old Tomb, Osaka; and the Momotani Old Tomb, Kyoto, and Ancinet Chinese Glass Disk (Pi <sup>1</sup> ), and Glass Bead. . . . .	VII, 83
_____, A Chemical Study on Some Archaeological Samples from Marlik in Iran. . . . .	IX, 99
 N	
<b>NAGAI, Hiroshi,</b> Philosophy of Science in Japan: 1966–1970. . . . .	IX, 13
<b>Nagaoka's Saturnian Atomic Model (1903).</b> On, Eri YAGI . . . . .	III, 29
<b>Nagaoka's Saturnian Atomic Model (I)—Dispersion on Light—(1905)—.</b>	

- The Development of, Eri YAGI . . . . . VI, 19  
**NAKAGAWA**, Yonezo, A Survey of the Interest for the History of Medicine in Japan. . . . . I, 38  
 ———, A Survey of the History of Medicine in Japan, 1961-1965. . . . IV, 76  
 ———, R. H. Shryock: *Medical Licensing in America, 1950-1965*. . . VI, 155  
**NAKAMURA**, Teiri, Studies of the History of Biology Recently Published in Japan. . . . . IV, 60  
 ———, William Harvey and his Theories of Physiology. . . . . IV, 143  
**NAKAYAMA**, Shigeru, Japanese Studies in the History of Astronomy. . . . I, 14  
 ———, Galileo and Newton's Problem of World-Formation. . . . . I, 76  
 ———, Did Astrology Contribute to the Development of Astronomy? . . I, 137  
 ———, Accuracy of Pre-Modern Determinations of Tropical Year Length. . . . . II, 101  
 ———, Abhorrence of "God" in the Introduction of Copernicanism into Japan. . . . . III, 60  
 ———, Cyclic Variation of Astronomical Parameters and the Revival of Trepidation in Japan. . . . . III, 68  
 ———, Japanese Activities in the History of Astronomy during the Early Half of 1960's. . . . . IV, 1  
 ———, Characteristics of Chinese Calendrical Science. . . . . IV, 124  
 ———, Educational Institutions and the Development of Scientific Thought in China and the West. . . . . V, 172  
 ———, Joseph Needham, Organic Philosopher. . . . . VI, 138  
 ———, On the Alleged Independent Discovery of Kepler's Third Law by Asada Gōryū. . . . . VII, 55  
 ———, Synopsis of History of Chinese Science. . . . . VIII, 21  
 ———, Kyoto Group of the History of Chinese Science. . . . . IX, 1  
**Nakayama**, Shigeru: *A History of Japanese Astronomy, Chinese Background and Western Impact*, Harvard University Press, 1969. Kiyosi YABUUTI . . . . . VIII, 173  
**NAMBO**, Heizo, Who Invented the Explosives? . . . . . IX, 49  
**Naturphilosophie** in Alten Japan. Die Entwicklung der Theorien vom "Ki" (Chhi) als Grundproblem der, Hiroto SAIGUSA . . . . . I, 51  
**NEEDHAM**, Joseph and LU Gwei-Djen, Proto-Endocrinology in Mediaeval China. . . . . V, 150  
**Needham**, Organic Philosopher. Joseph, Shigeru NAKAYAMA . . . VI, 138  
 Newton's Problem of World-Formation. Galileo and, Shigeru NAKAYAMA . I, 76  
 Newtonian Influence on 18th Century Chemistry. Stephen Hales' Work in Chemistry; A, Eri YAGI . . . . . V, 57  
**Newton's Quantitas Materiae**. Masao WATANABE and Masakazu YOSHINAKA . . . . . IX, 27  
**NISIO**, Sigeiko, Tetu HIROSIGE and, Formation of Bohr's Theory of Atomic

Constitution . . . . .	III, 6
_____, Tetu HIROSIGE and, Studies in the History of Physics by Japanese Historians during the Last Few Years. . . . .	V, 28
_____, $\alpha$ -Rays and the Atomic Nucleus. . . . .	IV, 91
_____, From Balmer to the Combination Principle. . . . .	V, 50
_____, The Role of the Chemical Considerations in the Development of Bohr Atom Model. . . . .	VI, 26
_____, Tetu HIROSIGE and, Rise and Fall of Various Fields of Physics at the Turn of the Century. . . . .	VII, 93
_____, X-rays and Atomic Structure at the Early Stage of the Old Quantum Theory. . . . .	VIII, 55
_____, Tetu HIROSIGE and, The Genesis of the Bohr Atom Model and Planck's Theory of Radiation. . . . .	IX, 35

**O**

OHAMI, Isao, On Indian Atomism (I). . . . .	VI, 41
OHMORI, Minoru, A Study on the <i>Rekishō Shinsho</i> . . . . .	II, 146
_____, A Study on the <i>Rekishō Shinsho</i> (II) . . . . .	III, 81
OSE, Yōko, Masao WATANABE and, General Academic Trend and the Evolution Theory in Late Nineteenth Century Japan: A Statistical Analysis of the Contemporary Periodicals. . . . .	VII, 129
OYA, Shin-ichi, A Short Note on the History of Japanese Mathematics. . . I, 23	

**P**

Pancreas Known by the Chinese in the Middle Ages. Saburō MIYASHI- TA . . . . .	VIII, 167
Pasteur. The Controversy between Liebig and, Tatsumasa DOKE . . . VI, 87	
Patent System in Japan—Around the Debation of Importation Patents. The Origin of, Tetsuo TOMITA . . . . .	III, 114
Philosophy of Science in Japan: 1966–1970. Hiroshi NAGAI . . . . IX, 13	
Physical Models for Atomistic Notion—Its Conceptual Development in Relation to the Evolution of the Concept of Chemical Substance. A Contribution to the History of Atomism (IV) Chemical and, Minoru TANAKA . . . . .	VIII, 125
Physics in Japan. Studies of History of, Tetu HIROSIGE . . . . . I, 26	
Physics by Japanese Historians during the Last Few Years. Studies in the History of, Tetu HIROSIGE and Sigeko NISIO . . . . . IV, 28	
Physics at the Turn of the Century. Rise and Fall of Various Fields of, Tetu HIROSIGE and Sigeko NISIO . . . . . VII, 93	
Physics. Source Books in the Modern, Tetu HIROSIGE . . . . . VIII, 17	
Physics. Activities of Japan's Group for History of, Tetu HIROSIGE . . . IX, 5	
Physiology. William Harvey and his Theories of, Teiri NAKAMURA . . . IV, 143	

<b>Physique de Descartes.</b> La, Eizo YAMAZAKI . . . . .	VII, 27
<b>Planck's Theory of Radiation.</b> The Genesis of the Bohr Atom Model and, Tetu HIROSIGE and Sigeko NISIO . . . . .	IX, 35
<b>Public Health in Japan.</b> Development of Social Consciousness in the History of, Michio HASHIMOTO . . . . .	III, 127

**Q**

<b>Quantum Theory.</b> X-rays and Atomic Structure at the Early Stage of the Old, Sigeko NISIO . . . . .	VIII, 55
---	----------

**R**

<b>Radiation.</b> The Genesis of the Bohr Atom Model and Planck's Theory of, Tetu HIROSIGE and Sigeko NISIO . . . . .	IX, 35
<b>Rangaku Scholars.</b> The Schools of, Kazuo KATAGIRI . . . . .	IV, 173
<b>(Rangaku).</b> . . . . .	See also Dutch Learning.
" <b>Rekishō Shinsho,</b> " (I), (II). A Study on the, Minoru OHMORI . .	II, 146; III, 81
<b>Relativity, 1890–1905.</b> Electrodynamics before the Theory of, Tetu HIROSIGE . . . . .	V, 1
<b>Relativity.</b> A Consideration concerning the Origins of the Theory of, Tetu HIROSIGE . . . . .	IV, 117
<b>Relativity and the Ether.</b> Theory of, Tetu HIROSIGE . . . . .	VII, 37
<b>Research Organization in Japan.</b> The History of, Chikayoshi KAMATANI .	II, 1

**S**

<b>SAIGUSA, Hiroto,</b> Die Entwicklung der Theorien vom "Ki" (Chhi) als Grundproblem der Naturphilosophie in Alten Japan. . . . .	I, 51
<b>SAITO, Sachie, Shinji ENDO and,</b> Zeeman Effect and the Theory of Elec- tron of H. A. Lorentz. . . . .	VI, 1
<b>Science and Technology in China by Japanese Scholars.</b> Studies on the History of, Mitukuni YOSIDA . . . . .	I, 7
<b>Science and Technology.</b> Stages in the History of Contemporary, HSIEH Shin-Hui . . . . .	VII, 115
<b>Science in Japan: 1966–1970.</b> Philosophy of, Hiroshi NAGAI . . . . .	IX, 13
<b>Sciences au Japon.</b> Coup d'oeil sur l'histoire des, Suketoshi YAJIMA . .	I, 3
<b>Scientific Revolution in Nineteenth Century Japan.</b> Mitsutomo YUASA .	II, 119
<b>Set Theory.</b> On the Meaning of "Virtualité" in the History of the, Tamo- tsu MURATA . . . . .	V, 119
<b>SHIMAO, Eikoh,</b> Between Science and Humanism—On C. C. Gillispie—. .	V, 211
<b>SHIMODAIRA, Kazuo,</b> Activities of Japanese Historians of Mathematics during the last Decade. . . . .	IV, 20
———, Activities of "the History of Mathematics Society of Japan (Nihon Sugakushi Gakkai)". . . . .	VIII, 1

"Shôsô-In" Medicinals in the Present Day Japan. A Short Classification of Commodities of the "Periplus of the Erythraean Sea" and a Relation to Materials in the "Septuagint" (LXX) and the, Shigeaki SUZUKI and Reiko SUZUKI . . . . .	V, 180
SIBUYA, Kazuo, Present-day Evaluation of the Ecological Aspects of Darwin's Theories in Japan. . . . .	I, 117
Silicosis in Japan. A Short History of, Toyohiko MIURA . . . . .	I, 137
SINOTÔ, Yosito, Mendel's Two Genetics Papers Viewed from the Stand-point of Evolution. . . . .	VIII, 155
SIVIN, Nathan, A Simple Method for Mental Conversion of a Year expressed in Cyclical Characters to the Corresponding Year in the Western Calendar. . . . .	IV, 132
_____, On the Reconstruction of Chinese Alchemy. . . . .	VI, 60
Suguita Guenpaku. L'Entretien nocturne avec l'ombre de, Suketoshi YAJIMA . . . . .	II, 164
SUZUKI, Shigeaki, Milk and Milk Products in the Ancient World. . . . .	IV, 135
_____, and Reiko SUZUKI, A Short Classification of Commodities of the "Periplus of the Erythraean Sea" and a Relation to Materials in the "Septuagint" (LXX) and the "Shôsô-In" Medicinals in the Present Day Japan. . . . .	V, 180
_____, On the Market Milk in Japan around 1900. . . . .	VII, 71
SUZUKI, Reiko, Shigeaki SUZUKI and, A Short Classification of Commodities of the "Periplus of the Erythraean Sea" and a Relation to Materials in the "Septuagint" (LXX) and the "Shôsô-In" Medicinals in the Present Day Japan. . . . .	V, 180

## T

TAKEBAYASHI, Hiromu, Seishu Hanaoka "Pioneer of the General Anesthesia and the Modern Surgery". . . . .	VI, 115
TAMAMUSHI, Bun-ichi, Teaching the History of Chemistry in Japan. . . . .	VIII, 9
TANAKA, Minoru, Ein Beitrag zur Geschichte der Atomistik. Über die Rolle der Chemischen Forschung beim Werdegang der Modernen Atomistik. . . . .	I, 111
_____, Ein Beitrag zur Geschichte der Atomistik (II). Über die Gründe der Verspätung der Anerkennung der Avogadroschen Hypothese. . . . .	II, 127
_____, Hundert Jahre der Chemie in Japan. Studien über den Prozess der Verpfanzung und Selbständigung der Naturwissenschaften als wesentlicher Teil des Werdegangs modernen Japans (Mitteilung I). . . . .	III, 89
_____, Hundert Jahre der Chemie in Japan (Mitteilung II). Die Art und Weise der Selbständigung chemischer Forschungen während der Periode 1901–1930. . . . .	IV, 162

- \_\_\_\_\_, Ein Beitrag zur Geschichte der Atomistik (III) Über Ursprünge skeptischer Auffassungen gegen Atomhypothese der Chemie neunzehnten Jahrhunderts. . . . . V, 87
- \_\_\_\_\_, Einige Probleme der Vorgeschichte der Chemie in Japan. Einführung und Aufnahme der modernen Materienbegriffe. . . . . VI, 96
- \_\_\_\_\_, A Note on the Development of Chemistry in Japan. . . . . VII, 61
- \_\_\_\_\_, A Contribution to the History of Atomism (IV) Chemical and Physical Models for Atomistic Notion—Its Conceptual Development in Relation to the Evolution of the Concept of Chemical Substance. . . . . VIII, 125
- Technics**—A Review of a Recent Debate in Japan. Innovation and Definition of, Tetsuo TOMITA . . . . . IV, 81
- Technics** as Manifested in the Sequence of its Historical Stages. Fundamental Factors in the Development of, Seikan ISHIGAI . . . . . I, 125
- Technology** in China by Japanese Scholars. Studies on the History of Science and, Mitukuni YOSIDA . . . . . I, 7
- Technology.** Japan's Contributions to the Modern History of, Toshio YAMAZAKI . . . . . I, 45
- Technology.** Studies on the History of the Japanese Traditional Arts and Modern, Mitukuni YOSIDA . . . . . I, 135
- Technology.** Stages in the History of Contemporary Science and, HSIEH Shin-Hui . . . . . VII, 115
- Theory** of Electrons and the Development of the Concept of Electromagnetic Field. Lorentz's, Tetu HIROSIGE . . . . . I, 101
- Theory** of Electron of H. A. Lorentz. Zeeman Effect and the, Shinji ENDO and Sachie SAITO . . . . . VI, 1
- TOMITA, Tetsuo, Some Perplexities of the Concepts of Industries, found in the Political Opinions on the Weapon Manufacture, in the Age of the Westernization Movements in China—Especially on the Machine-Tool Production. . . . . I, 138
- \_\_\_\_\_, The Origin of Patent System in Japan—Around the Debaton of Importation Patents— . . . . . III, 114
- \_\_\_\_\_, Innovation and Definition of Technics—A Review of a Recent Debate in Japan— . . . . . IV, 81
- \_\_\_\_\_, and Kazutoshi HATTORI, History of Science Society of Japan (ed.): *Nihon Kagaku-Gijutsu-shi Taikei* (History of Science and Technology in Japan), 25 Vols., 1964–1970. . . . . IX, 164
- Trajectory** in Japan before the Days of Dutch Learning. Studies of, Kiyonobu ITAKURA and Reiko ITAKURA . . . . . I, 83
- TSUKUBA, Hisaharu, Ryuichi YASUGI and, On the Study of the History of Biology in Japan. . . . . I, 35
- TSUZUKI, Yojiro and Aiko YAMASHITA, On the Studies of History of

Chemistry in Japan. . . . . IV, 41

\_\_\_\_ and Aiko YAMASHITA, History of the Chemistry of Taste in Japan. . . . . VII, 1

### U V W

- WARTNABY, John, The Early Scientific Work of John Milne. . . . . VIII, 77
- WATANABE, Masao, The Dynamic Theory of Heat as Used and Developed by Joule in his Investigations. . . . . I, 94
- \_\_\_\_\_, The Magic Mirror as Studied in Japan during the Meiji Period. . . . . III, 48
- \_\_\_\_\_, John Thomas Gulick: American Evolutionist and Missionary in Japan. . . . . V, 140
- \_\_\_\_\_, Newton's Theory of Dynamics Reexamined by E. J. Dijksterhuis. . . . . V, 207
- \_\_\_\_ and Yōko OSE, General Academic Trend and the Evolution Theory in Late Nineteenth Century Japan: A Statistical Analysis of the Contemporary Periodicals. . . . . VII, 129
- \_\_\_\_ and Masakazu YOSHINAKA, Newton's *Quantitas Materiae*. . . . IX, 27
- \_\_\_\_, Science Across the Pacific: American-Japanese Scientific and Cultural Contacts in the Late Nineteenth Century. . . . . IX, 115
- \_\_\_\_, *Historical Studies in the Physical Sciences*, Vol. 1, University of Pennsylvania Press, 1969; Joseph Agassi, "Sir John Herschel's Philosophy of Success," *Ibid.*, pp. 1-36. . . . . IX, 159
- World-Formation.** Galileo and Newton's Problem of, Shigeru NAKAYAMA . . . . . I, 76

### X Y Z

- YABUUTI, Kiyosi, Astronomical Tables in China—From the Wutai to the Ch'ing Dynasties— . . . . . II, 94
- \_\_\_\_\_, Shigeru Nakayama: *A History of Japanese Astronomy, Chinese Background and Western Impact*, Harvard University Press, 1969. . . . . VIII, 173
- YAGI, Eri, On Nagaoka's Saturnian Atomic Model (1903). . . . . III, 29
- \_\_\_\_\_, Stephen Hales' Work in Chemistry; A Newtonian Influence on 18th Century Chemistry. . . . . V, 75
- \_\_\_\_\_, The Development of Nagaoka's Saturnian Atomic Model I—Dispersion on Light—(1905)— . . . . . VI, 19
- \_\_\_\_\_, Chie FUJITA and, Science Education in Tropical African Universities after World War II. . . . . VII, 143
- YAJIMA, Suketoshi, Coup d'oeil sur l'histoire des sciences au Japon. . . . I, 3
- \_\_\_\_\_, De l'inertie de la pensée humaine—Ce qu'on voit à rencontre des deux civilisations hétérogènes. . . . . II, 154

- \_\_\_\_\_, L'Entretien nocturne avec l'ombre de Sugita Guenpaku. . . . II, 164
- \_\_\_\_\_, *Meiji-zen Nippon Kagakushi* (Histoire des sciences au Japon avant l'ère de Meiji, en japonais), éd, Académie de Japon, Tokyo, 26 volumes, 1954-1968. . . . . VII, 159
- YAMASHITA**, Aiko, Yojiro TSUZUKI and, On the Studies of History of Chemistry in Japan. . . . . IV, 41
- \_\_\_\_\_, Yojiro TSUZUKI and, History of the Chemistry of Taste in Japan. . VII, 1
- YAMAZAKI**, Eizo, La Physique de Descartes. . . . . VII, 27
- YAMAZAKI**, Toshio, Japan's Contributions to the Modern History of Technology. . . . . I, 45
- YASUGI**, Ryuichi and Hisaharu TSUKUBA, On the Study of the History of Biology in Japan. . . . . I, 35
- \_\_\_\_\_, Methodological Problems in the History of Genetics. . . . III, 108
- Year Length**. Accuracy of Pre-Modern Determinations of Tropical, Shigeru NAKAYAMA . . . . . II, 101
- Year expressed in Cyclical Characters to the Corresponding Year in the Western Calendar**. A Simple Method for Mental Conversion of a, Nathan SIVIN. . . . . IV, 132
- YOSHINAKA**, Masakazu, Masao WATANABE and, Newton's *Quantitas Materiae*. . . . . IX, 27
- YOSIDA**, Mitukuni, Studies on the History of Science and Technology in China by Japanese Scholars. . . . . I, 7
- \_\_\_\_\_, Studies on the History of the Japanese Traditional Arts and Modern Technology. . . . . I, 135
- YUASA**, Mitsutomo, Center of Activity: Its Shift from the 16th to the 20th Century. . . . . I, 57
- \_\_\_\_\_, Scientific Revolution in Nineteenth Century Japan. . . . . II, 119
- \_\_\_\_\_, The Growth of Scientific Communities in Japan. . . . . IX, 137
- Zeeman Effect and the Theory of Electron** of H. A. Lorentz. Shinji ENDO and Sachie SAITO . . . . . VI, 1

## **Information for Contributors**

### **I. Manuscripts**

1. Reviews, research surveys, source materials, documents and original papers are acceptable.
2. Articles may be written in English, French, or German.
3. The title and the author's name should be typed on a separate page, with the author's present position indicated in a foot-note.
4. The text should be typed double-space on paper of standard size and weight, about 65 spaces per line and 25 lines per page, with margins of 4 cm. at the top and 3 cm. on the left.
5. All special types, such as italics and Greek letters, should be so designated in red.
6. Notes and references should be compiled at the close and not appear as foot-notes in the text.
7. Figures and tables, other than simple tabulations, should be prepared separate from the text on standard size paper, with their proper locations noted in red.
8. Figures should be drawn in black ink, one figure per page at actual size, and collected together after the text and notes.
9. Tables should be similarly prepared.
10. For each table and figure, the author's name and the page where they appear in the text should be noted in red at the lower right hand corner.
11. Titles and explanations, which are to accompany figures or tables, should be typed, one to a page, with the author's name and the page in the text indicated in red as above.

### **II. Procedures**

1. The original manuscript plus one copy should be sent to:  
The History of Science Society of Japan  
Department of Humanities  
Tokyo Institute of Technology  
2-12-1, Ookayama, Meguro-ku  
Tokyo, Japan  
The author should be sure to retain one copy.
2. The following information should also be provided: 1) title, 2) author's name, 3) present position (title, address, phone), 4) home address and phone, 5) preferred address, home or office, 6) whether or not separate covers are wanted on reprints.
3. One hundred copies will be sent at no charge. The author, however, will be expected to bear the costs for separate covers.

4. Non-members from outside Japan who submit manuscripts will be charged a ¥5,000 publishing fee. Solicited manuscripts are of course excepted.
5. Any author who has submitted a manuscript must request permission from the editorial board before sending it to another journal.

III. *Corrections to Proofs*

1. Only the first proofs will be submitted to the author for correction.
2. The author must bear the costs that arise from introducing any revisions or additons, including notes in proof.

本誌の刊行は昭和 46 年度文部省研究成果刊行費補助金の補助による

Japanese Studies in the History of Science No. 10

編集兼発行者： 東京都目黒区大岡山 2-12-1  
東京工業大学工学部  
科学概論研究室 気付  
日本科学史学会  
代表者 湯浅光朝

発 売： 東京国際郵便局私書函 5030 号  
日本出版貿易株式会社

発行日： 1972 年 3 月 25 日

定価： 3,000 円

Printed in Japan