

SARTONIANA

Volume 9

1996

**Sarton Chair of the History of Sciences
University of Ghent, Belgium**

ISBN 90-70963-37-X
D/1996/2249/5

© Communication and Cognition, Blandijnberg 2, B-9000 Ghent
Belgium

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photo-print, microfilm, or any other means without prior written permission from the publishers.

Subscription to SARTONIANA becomes effective upon payment of BEF 650,- (incl. postage) on banking account No. 001-1969611-05 of SARTONIANA, Ghent, Belgium or by sending a check of USD 22.00 to SARTONIANA, Blandijnberg 2, B-9000 Ghent, Belgium, with clear mention of subscriber's name and address.

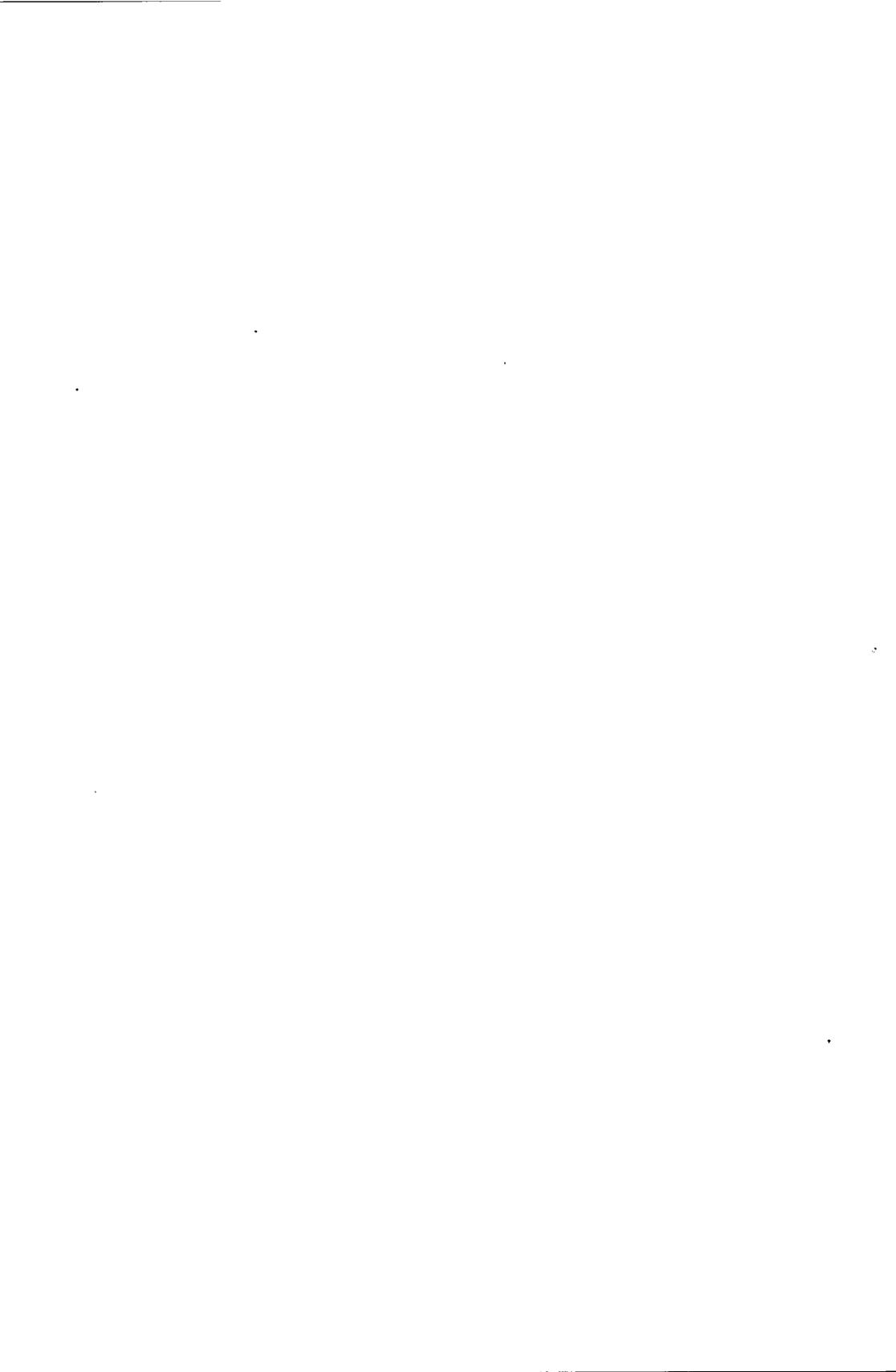
Contents

Sarton Chair Lectures

M. Thiery : Introduction	9
Prof. Dr. K. Zuse : In Memoriam	13
F. Vandamme : <i>Laudatio</i> Konrad Zuse	15
D. Dubois : "Konrad Zuse, un homme de génie si attachant"	27
K. ZUSE : "L'ordinateur : produit d'inspiration, transpiration et coopération"	61

Sarton Medal Lectures

R. Rubens : <i>Laudatio</i> José Van Laere	75
J. VAN LAERE : "Thomas Montanus et la peste à Bruges en l'an de grâce 1666"	79
J. Quackelbeen : <i>Laudatio</i> Mark De Gier Solms	93
M. DE GIER SOLMS : "Freud's solution to the mind/body problem"	99
M. Storme : <i>Laudatio</i> Laurens Winkel	121
L. WINKEL : "L'histoire du droit, exemple d'une science interdisciplinaire"	125
F. Vandamme : <i>Laudatio</i> Marc De Mey	139
M. DE MEY : "Late Medieval optics and early Renaissance painting"	143
M. Thiery : In memoriam Miss May Sarton (1912-1995)	177



Authors

- Prof. em. Dr. M. THIERY. Aan de Bocht 6, B-9000 Gent, België
- Prof. Dr. D. DUBOIS. Université de Liège, Institut de Mathématiques (D I), Avenue des Tilleuls 15, B-4000 Liège, Belgique
- Prof. Dr. K. ZUSE (†). Im Haselgrund 21, D-36088 Hünfeld, Deutschland
- Prof. Dr. R. RUBENS. Kliniek Endocrinologie, Universitair Ziekenhuis, De Pintelaan 185, B-9000 Gent, België
- Dr. J. VAN LAERE. Kanonstraat 42, B-8500 Kortrijk, België
- Prof. Dr. J. QUACKELBEEN. Universiteit Gent, Vakgroep Psychoanalyse en Raadgevingspsychologie, Henri Dunantlaan 2, B-9000 Gent, België
- Prof. Dr. M. DE GIER SOLMS. 4^B Hampstead Hill Gardens, London NW3 2PL, England
- Prof. em. Dr. M. STORME. Coupure Links 3, B-9000 Gent, België
- Prof. Mr. L. WINKEL. Binnenkant 42, 1011 BN Amsterdam, Nederland
- Prof. Dr. J. VANDAMME. Universiteit Gent, Laboratorium voor Toegepaste Epistemologie, Blandijnberg 2, B-9000 Gent, België
- Prof. Dr. M. DE MEY. Universiteit Gent, Vakgroep Wijsbegeerte en Moraalwetenschap, Blandijnberg 2, B-9000 Gent, België



GEORGE SARTON CHAIR

of the

HISTORY OF SCIENCES

1995-1996

SARTON CHAIR LECTURES

INTRODUCTION

Michel Thiery

Eleven years have passed since a symposium was organized by our University to recall the 100th birth anniversary of George Sarton. The initiative of the "Sarton Centennial Conference" was taken by the working party "Communication and Cognition". Speakers from several countries lectured on topics related to the history of science and philosophy and George Sarton's daughter, the poet-novellist May Sarton, read poems on her father. The event was highlighted by an exhibition of Sarton memorabilia : "The European Roots of G. Sarton".

Once the convent was over and the exhibition dismantled, colleagues of several faculties wished to perpetuate Sarton's commemoration and to this purpose proposed that an interfaculty Chair, devoted to the study of the history of sciences and named after their famous alumnus, be established. This initiative was approved by the academic authorities and an ad hoc committee constituted for the selection and designation of the scientist who would be invited each year to hold the George Sarton Memorial Chair. It was also agreed that during that academic year the G. Sarton medal of the University of Ghent would be presented to a number of scientists chosen for their personal contribution to the historiography of their respective disciplines.

The first Chairholder, installed on November 28, 1986, was Robert K. Merton, emeritus professor of Columbia State University, New York, the founder of the discipline "Sociology of Science" and a former pupil of G. Sarton.

Since 1987 the Chair was held by eight laureates belonging to six countries : Prof. Dr. Pharm. Leo Vandewiele because of his personal contribution to the history of the pharmaceutical sciences and his epoch-making comments of medieval medico-pharmaceutical manuscripts; Prof. Dr. Antonie M. Luyendijk-Elshout on the grounds of her multi-disciplinary and multisided approach to the academic teaching of the history of medicine at the University of Leiden, The Netherlands, and her

original studies of the transfer of "Dutch" medical knowledge to Japanese physicians in the 18th and 19th centuries; Sir Edward P. Abraham, Oxford University, U.K., who, together with Alexander Fleming, Howard Florey and Ernst Chain played a major role in the penicillin saga; Prof. Dr. Robert Feenstra of Leiden, the world-famous specialist of the history of medical academic institutions; Prof. Dr. Tore Frängsmyr, professor in the History of Science at the University of Uppsala, Sweden, and director of the Stockholm Centre for the History of Science, for his investigations on the history of geology and his annotated biobibliographies of Carl von Linné and George Sarton; Prof. Dr. Angela F. von den Driesch, professor at the Faculty of Veterinary Medicine of the Ludwig-Maximilian Universität München, Germany, on account of her outstanding contribution to the history of veterinary medicine and animal domestication; Dr. Pharm. D.A. Wittop Koning of Amsterdam, Nestor of the history of Dutch pharmacy; and the physicist Prof. Dr. Gerard L'Estrange Turner, teacher of the History of Scientific Instruments at the Imperial College of the University of London and curator of the Museum of the History of Science of the University of Oxford, whose passion for historical scientific instruments brought him international fame.

During the nine years of its existence the Sarton Committee has presented the G. Sarton Medal and the ad hoc diploma to the 34 scientists listed in the Table.

Ladies and Gentlemen. Today we meet for the tenth consecutive year to convey the G. Sarton Memorial Chair. A double lustrum which adds an extra dimension to today's ceremony. For the academic year 1995-1996 the Chair has been awarded to Prof. Dr. Konrad Zuse of Hühfeld, Germany, the man of genius who fathered the computer. Much to our regret, the laureate is unable to attend the ceremony because of a serious health problem but is represented here by his pupil and collaborator Prof. Dr. Daniel M. Dubois of the Institut de Mathématique of the University of Liège, Belgium. Prof. Dubois will read the eulogy of the Master and accept the regalia — the diploma and the medal — in his name. We wish to thank him most heartily for this "impromptu" substitution and do hope that the laureate will get well soon.

In the course of this academic year four scientists will be granted the Sarton medal : Prof. Dr. Jan Bieleman of the Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen at Wageningen, The Netherlands, for his historiographic endeavors concerning the Dutch agricultural industry during the 16th and 17th centuries; the neurologist Dr. José Van Laere of Kortrijk, Belgium, for his contribution to the study of medical history of Flanders; Dr. Mark de Gier Solms of Oxford University, the well-known authority on the neuroscientific works of Sigmund Freud; and Prof. Dr. Marc De Mey of the Faculty of Letteren en Wijsbegeerte of our University for his contribution to the history of medieval optics and perspective.

SARTON MEDALLISTS, 1986-1995

1986-87	M. Mammerickx	Belgium
	P. Assoun	The Netherlands
	H. Elkhadem	Belgium
	J. Quintyn	Belgium
	H. Schadewaldt	Germany
1987-88	T. Fransen	Belgium
	A. Verhulst	Belgium
	G. Hirsch	Belgium
1988-89	O. Gekeler	Germany
	M. De Vroede	Belgium
	R. Halleux	Belgium
1989-90	A. Evrard	Belgium
	H. Bosman-Jelgersma	The Netherlands
	R. Frankhauser	Switzerland
1990-91	A. Leguebe	Belgium
	J. Sébestik	France
	P. De Win	Belgium
	K. Van Camp	Belgium

1991-92	F. Hallyn H. De Ridder-Symoens R. Blondeau J. Jenner	Belgium Belg./The Netherl. Belgium Belgium
1992-93	J. Lemli H. Houtzager C. Gysel	Belgium The Netherlands Belgium
1993-94	O. Werner M. Depaepe J. Willemot R. Van Caenegem J. Van Spronsen	U.S.A. Belgium Belgium Belgium The Netherlands
1994-95	J. Godderis L. Winkel H. Deelstra S. Bennett	Belgium The Netherlands Belgium U.K.

PROFESSOR. K. ZUSE DECEASED

At the end of December, 1995, the members of the Sarton Committee were deeply saddened to receive a letter from Prof. Dubois telling them : "Le professeur Zuse ne se remit pas de la maladie et quitta ce monde le 18 décembre 1995". The Committee presents its condolence to Mrs. Zuse and the family.



In tiefer Dankbarkeit nehmen wir Abschied von meinem geliebten Mann, unserem Vater, Schwiegervater, unserem Opa, Herrn

Konrad Zuse

Dipl.-Ing., Honorarprofessor
Dr.-Ing. mult. E.h., Dr. mult. rer. nat. h.c.
Dr. techn. h.c., Dr. h.c.sc. techn.
Dott. h.c. math.

* 22. 06. 1910 † 18. 12. 1995

In tiefer Trauer

Gisela Zuse geb. Brandes

Dr. Horst Zuse und **Karin Drabe**

Monika Zuse-Gruden geb. Zuse
mit **Corinna, Svenja** und **Kristin**

Hannelore Zuse-Stöcker geb. Zuse
und **Thomas Stöcker**

Peter Zuse

36088 Hünfeld, Im Haselgrund 21, den 20. Dezember 1995

Die Trauerfeier ist am Freitag, dem 22. Dezember 1995 um 14.00 Uhr in der Kapelle auf dem neuen Friedhof zu Hünfeld, anschließend Beerdigung.

Von Beileidsbekundungen am Grabe bitten wir abzusehen.

Anstelle zugedachter Kranz- und Blumenspenden bitten wir im Sinne des Verstorbenen um eine Spende für die Konrad-Zuse-Gesellschaft, Kto.-Nr. 70007174, BLZ 530 501 80, bei der Sparkasse Hünfeld.

LAUDATIO KONRAD ZUSE

F. Vandamme

Introduction

We can characterize Zuse with the words of Bauer in his foreword to Zuse's autobiography : "Zuse is the creator of the first fully automated, program-controlled and freely programmable computer using binary floating-point calculations". And we could go on by situating him in the history of computing in the line from Averroes, Raymondus Lullus, Pascal, Leibniz, Jacquard, Babbage, Venn, etc. This is a historically important and interesting subject. To an important extent as is the case with all major developments we have partly parallel, but independent, developments. But we also have subtle, sometimes very indirect, interrelations and influences. For the developments between 1930-1945, the release — if ever — of spionage reports on the matter can be of relevance. But anyway it is clear that Zuse has in innovation and performance been ahead on his contemporary colleagues-developers concerning the hardware as well as the software perspectives. The impact of his realizations and thoughts on the computer developments, from 1945 to the present, is another matter of discussion, again very intriguing and complex as a lot of influences — as is mostly the case in scientific and technological circles — were very informal, through the 'invisible colleges and communities'. As we know from many other studies, the credit for an idea is rarely given to the contributor. Even in science, where quotations are considered essential, these quotations consciently or unconsciently are made in view of honoring the person who made the quotation. In this line one will prefer to quote an academically recognized person, rather than an academic outsider or marginal person (e.g. a starter).

All this to say that concerning the contemporary history of computing still a lot of work has to be done. However, in this laudatio of Zuse we do not intend to go into this interesting matter into detail. In

the history of science, the contribution of Zuse is — it is true — a vital and decisive one, but he has however still much more significance. Although the impact of these other aspects of his contributions to humanity are not yet that clear, still we want to make use of this occasion to go into these matters as well. After a short sketch of the person and his life, we want to dwell on his ideas and lessons on the problems of scientific evaluation, scientific politics and on his ideas on the computer germs.

The person

Konrad Zuse was born June 22nd, 1910 at Berlin. Two years old, he left Berlin with his parents (his father became postmaster in Braunsberg). There he followed the gymnasium and was able to pass the Abitur when only seventeen. This means that he was roughly two years younger than his classmates, which — I quote — “gave me bit of an inferiority complex. Above all, I felt physically inferior to those who where two years older. I got beaten up more often too (p. 5-6).”

In the fifth year of the secondary school, as his father has become chief postmaster in Hoyerswenda, Konrad went to a gymnasium there. There was a lot of interest in school reformation. Here already he started to be critical on school procedures. I quote : “Arbeitsunterricht was the slogan of the day. Practical instruction : when one speaks and all others sleep was our commentary ...” (p. 7).

For his senior project he already showed a lot of originality with his design of Metropolis, a city of some 35 million inhabitants along traffic engineering lines (Fig. 1).

In 1927 he began his studies at the Technical University Berlin-Charlottenburg. He had a hectic student life dividing himself between science, technological inventions, politics and student life. Concerning his inventive genius : he was active with photography, cinema, projection technology, vending machine with change-giving mechanism.

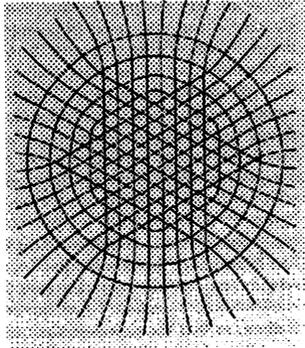


Fig. 1 : Metropolis — a radial street system resolves itself at the center into a uniform 60° system (school project by Zuse)

After completing his studies, in 1935, Zuse became a structural engineer with Henschel Aircraft Company. He soon left his job to set up an inventor's workshop in the apartment of his parents. He wanted to be able to devote himself entirely to the computer. On this he writes : "Of course, my parents were not exactly thrilled with the idea, but they had such faith in my abilities that they supported me as far as they could. Later, they even let me build my first, still rather bulky machines in the largest room of their apartment. My friends at the university also pitched in. They gave me money, sums which might seem modest today, but without which I never would have been able to obtain the necessary materials for my work. My first financier was my old school friend from Braunsberg, Herbert Weber. My sister was also among the first contributors, and, of course, my parents also helped again and again. Each gave what he could, and in the end several thousand marks had been collected. Others who had nothing to give worked alongside me in the workshop. All of these helpers and co-workers of the first hour contributed their fair share to computer developments (K. Zuse, 1993, *The Computer — My Life*, p. 34-35)."

We could here give an overview of the several generations of computers : from Z_1 to Z_{30} . We will not do that. Let us just remark that originally they were called V_1 , etc., V being short for 'Versuchmodell' : experimental model. Nor will we dwell in detail on the important task for Zuse of combining his role as an inventor, with those as manager and business man and how finally he became a teacher and a theoretical scientist, always combining his inventiveness and art skills and interest.

To end this very sketchy overview of Zuse's life, let me quote an anecdote which illustrates the importance of his work. Near the end of the war, when Wernher von Braun's team was moved, Zuse's team too was moved or managed to be moved to Oberjoch. Even von Braun was only able to bring over the hundred most important co-workers selected to from a team of many thousands. Zuse was able to have a brief discussion with von Braun. However, of the danger which hung above their heads he learned only much later, when reading Wernher von Braun's memoirs. An excerpt of the discussion between General Dornberger and SS Storm Troop Leader runs as follows :

"What actually is your task, storm troop leader ?"

"My orders are to protect you and the rocket experts in *Haus Ingeborg*."

"And from *whom* are you supposed to protect us ?"

"From the Americans and the French, General," mumbled the leader of the SS commandos.

"Do you really believe that you and your thirty men can hold back entire armies ?"

"Of course not, General!" After a short pause, which he used to take another gulp, his final inhibitions vanished : "I have the express order, General, to shoot all of you to keep you from falling into the hands of the enemy" (K. Zuse, 1993, *The Computer — My Life*, p. 94).

Zuse's lessons concerning scientific evaluation and validation

Sarton — as is well-known — studied history of science in an attempt to make a better culture, a better humanity, a better world to live in. In this perspective he paid much attention to the evaluation of scientists. Who has more influenced the development of thinking, the technology, the world ? To reach his goal he developed elaborated tools based on quotation, on print and reprint. So Sarton is among others the founder of bibliometrics.

In our respect for Sarton, we don't want to question the science of bibliometrics and its relevance. It is a crucial tool among a lot of others to evaluate a scientist, an innovator, a human being. The bibliometric technology is a very good method for measuring the academic interactions, fashions, dominances, etc. However, the life and work of Zuse implicitly and explicitly illustrates that the bibliometric technology only brings up one dimension of the evaluation of scientific and technological actions, progress, results, work and contribution.

It is very significant that Zuse, with his work, was not accepted for a doctoral degree, although he later was awarded several honorary doctoral degrees.

It is also significant that although academics recognized his importance, insights and perspectives and made ample use of it, he didn't get ample funding to further and develop his ideas.

It is crucial that in the Sarton perspective the actional, organizational, developmental and creative dimensions are recognized as at least as important, if not more important than the meta-values of the academic pure sciences : systematization, coherence, esthetic representation. The lessons learnt from Zuse, Curie, Pasteur, and so many others, make it imperative to take into consideration to build a new paradigm for science and technological evaluation and validation, with bibliometrics as an interesting, but nevertheless humble aspect.

Zuse's computer germ metaphor

In some of his publications and notes, already at an early stage, Zuse brings forward the idea of self-reproduction by computers.

Let us quote his formulation : "Now indeed one should not interpret this investigation so narrowly that one would have to build a single machine that reproduced itself; instead one would have to start out with a whole workshop or factory, for only this offers the necessary variety of *individual parts and manufacturing processes*. The perspectives this opens up are today hardly foreseeable. The moment one reaches this stage, the growth of an industry is no longer a question of materials, and completely new social perspectives appear where the worker completely disappears from such branches of industry.

The thought can be carried yet further. With the self-reproducing workshop we are dealing with a homogeneous series in which the same form is continually produced in a cyclic rhythm. As soon as one has reached this stage in the technology, one can indeed easily influence the programmed course of this manufacturing process to create a series of production systems which become more complicated with every step. Then one comes to the problem of the technical 'germ cell' This question, which then has the greatest significance, is as follows : What is the simplest form of initial workshop required to allow the crystallization out from it of a complete industrial plant ?

A further thought is connected with this : The individual steps of a series of production units can also be varied in scale. If one succeeds in building a workshop that is capable of reproducing itself in half scale, one can create a series of such workshops which shrink more and more in size until they are so small that one can still observe the entire factory only under a microscope. Of course, this process will have natural limits. Above all it must be recognized that the style of the technology thereby employed from step to step must change. On a small scale one must use different manufacturing methods than on a large scale. A problem, that will assume the greatest significance in the future.

With this series of production systems changing in scale, the problem of the technical germ cell would become substantially more interesting. For now the problem is not only to find the practically and logically simplest form, but also the physically smallest. Only then would the real germ cell be created, from which then in reverse order the bigger factories would be built.

It is completely clear to me that to reach this goal the work of at least one generation of engineers and scientists will be required, but there is no reason to doubt that we are moving in this direction. The technological scene has changed so decisively over the last hundred years from generation to generation that we must reckon with yet more bold prospects. So perhaps the engineers of the future will not build hydro-power installations, aircraft factories or chemical refineries, but plant them. The whole logic of such an industrial plant will be concentrated in a small germ cell as a program, and the growth of the plant will depend only on the supply of raw materials and energy.

In this way we come a few steps nearer to nature, which has indeed already worked with these methods for a few hundred million years. Biologists will find parallels to the technical germ cell in their research on the growth processes of an organism from a seed. Today indeed we can already say that with the set of chromosomes in an egg cell we are dealing with a coded form of the living entity that develops from it, whose construction results from it as from a computer program" (K. Zuse, 1993, *The Computer — My Life*, p. 223-224).

It is typical that Zuse constantly refers to this as the Faustian aspect of science. In his Namur talk (22 August 1995), he dwelt at length on the diabolic dilemma of science. Starting with a synopsis of Goethe's *Faust* — *Faust* he considers as a typical representation of our cultural society : a typical scientist and researcher — Zuse concluded as follows : "Our modern society often is criticizing the progress of technology. So, we computer specialists are assumed to be allied with Mephistopheles. How can we free ourselves from this charge ? Goethe gives us a hint and a consolation at the end of his *FAUST* :

*'For he whose strivings never cease
Is ours for his redeeming.'*

It is our duty to face future problems in the scope of our civilization. Humanity and society cannot exist without Faust's technology or without the computer. Future problems of the West cannot be solved without the computer" (K. Zuse, 1995, Faust, Mephistopheles and the computer).

We think it is a major contribution of Zuse to have directed the attention so early on the bivalent value : use and abuse of the computer, and on the cascade — germ devolution — evolution which transforms the whole natural/cultural world.

In other words, it is crucial that we pay attention to the *new ecology*, in which next to and perhaps even dominant over the natural biological germs : species are the artificial 'germs' associated to and up to now produced and controlled and functionally beneficial to the natural — mainly human type — of germ devolution. A lot of science fiction writers have already elaborately treated this. Today do we have to think about ways to steer the evolution, taking the lesson of the ecological destruction caused by the 'human germ' dominance with its 'accidental', individual, economical values at the moment of its almost absolute dominance over most of the other germs. In such top-down ecological model, what will be the effect of the introduction of the computer germ as a supertop. What are the ways still open ?

The plea of Zuse against individual self-reproducing machines, but in favor of the factory model introduces also in the computer ecology, the species versus the individual dimensions. In the human species we know how strong the opposition is between individual and group or species benefit. In unconscious collective values a lot of group or species priorities and conditions for survival are embedded. Do we have to embed such collective values also in the computer germs ? Do we even have to embed some natural germ priorities in the computer germs as some science fiction authors even suggest ? But again, what is the stability and eventual success of such inbuild values in a self-transforma-

tion system itself imbedded in a quickly self-transforming world ? Moreover, how valid and serious is the differentiation between natural and artificial germs, both being the products of other individual beings in collective surroundings ?

All this illustrates that in our Faustian universe, all our points of reference are in transition and still we need to progress in this changing universe. But are we really that hopeless, without ground in a continuous changing world ? We think that traditional ecology can learn us a lot — not everything however — concerning the necessities in a computer ecology. Again the basic target has to be (1) *optimization* of a (2) *dynamic* (3) *equilibrium* growing towards (4) *more unity*, with growing (5) *pluralistic* (6) *diversity*. All these 6 features are essential for progress, happiness and survival. Naively looked at, these features seem contradictory if not excluding each other. Perhaps it is here that to use Zuse's words, to solve this challenge of combining these vital features for the survival of our ecosphere, we will need the computer germ. But we will have to be able to control, understand and integrate the computer germ.

Conclusion

Konrad Zuse is personalizing a new paradigm of science. The science of the third Millennium is not a systematization of beautiful ideas, it is not a clever construction permitting nice explanations. In the first place it is an action-oriented and action-based construction which supports people in their cooperation, it is multidimensional and pluralistic. This is antagonistic to the traditional academic science, which is an unidimensional, unidirectional symbolization oriented towards verbal symbolization and predicative structures. The history of science instructs us that this impoverished approach, although it is not without certain merits in some temporal niches, has to be complemented in the long run. Virtual and Augmented Reality technology today permits to generalize the action-oriented and action-based science approach — which up to today was only reserved for the happy few and the real great ones like Zuse.

For this reason, the attribution of the Sarton Chair to Konrad Zuse and his acceptance honors not only Zuse but also George Sarton, another great man in science, philosophy and their histories.

Bibliography

Zuse, K., 1993, *The Computer - My Life*, Springer-Verlag, Berlin.

Zuse, K., 1995, *Faust, Mephistopeless and the Computer*, Namur, Belgium.

Vandamme, F., 1996, *Capita Selecta in Applied Epistemology, Vol. V, Communication & Cognition*, Gent.

Vandamme, F., 1995, *Naar het derde millenium, Communication & Cognition*, Gent.



Les professeurs Zuse (à droite) et Dubois

KONRAD ZUSE, UN HOMME DE GENIE SI ATTACHANT

Daniel M. Dubois

MES SOUVENIRS DE KONRAD ZUSE

En 1981, j'avais invité Konrad Zuse pour faire le discours inaugural du 1er Panorama de l'Informatique à Liège et recevoir la Médaille d'Or de l'Université de Liège. C'est ainsi que je l'ai rencontré pour la première fois. Mon père avait traduit son discours, originalement en allemand, et Konrad Zuse a pu le présenter en français. Ce texte a été publié dans les actes d'un Congrès International sur l'Histoire de l'Informatique.

Deux souvenirs sont restés attachés à cette période. Le premier, un repas autour d'un plateau de fruits de mer avec des homards qu'il avait tant appréciés, ce qu'il n'a jamais oublié comme vous le constateriez plus loin. Le second lors d'une visite chez mes parents, je lui avais offert une de mes peintures à l'huile en guise de carte de visite. Il m'avait alors fait la surprise de m'envoyer une de ses toiles dès son retour à Hünfeld. Ce grand artiste n'ayant jamais arrêté de peindre à l'huile et de dessiner, sa maison est devenue un vrai musée.

Lors de nos rencontres dans sa maison de Hünfeld, Konrad Zuse m'avait fait part que ses origines pourraient être françaises sous le nom de "Suze". C'était un homme entier, ses sympathies avec autrui étaient très sélectives, et j'ai eu beaucoup de chance d'être parmi ses intimes. Sa femme Gisela aimait recevoir avec chaleur et sa fille Hannelore assurait son secrétariat. Konrad Zuse aimait s'exprimer en français pour faire des compliments et se mettre à faire des imitations. Il aimait rappeler qu'il avait fait partie d'une troupe théâtrale.

Nous allions souvent dans un restaurant pas très éloigné, le "St. Hubertus", où il avait sa table dressée avec des sous-assiettes en argent, rien que pour lui et ses hôtes, et décoré en permanence d'une grande photo de lui avec M. Nixdorff. Il avait beaucoup d'admiration pour M. Nixdorff, un pionnier de l'informatique qui était aussi un grand manager.

Début de l'année 1994, il m'avait demandé de traduire en anglais deux de ses ouvrages en allemand sur l'Espace Calculant et les Réseaux d'Automates, car, comme il me l'avait confié, j'étais la seule personne au monde à s'y être intéressé. Pendant ce temps, il travaillait sur la réalisation d'une maquette d'une tour pour éolienne qui s'érige de manière mécanique à partir d'une alimentation en pièces qui s'emboîtent à la base. Cette tour expérimentale de trois mètres de haut, pour laquelle il a déposé un brevet, décorait son atelier de peinture. Il était fier de la faire monter et descendre à son gré. Il avait le projet d'en faire un grand prototype de 100 mètres de haut.

Mon dernier voyage à Hünfeld fut pour la célébration de ses 85 ans, le 22 juin 1995. Toute la ville et des hautes personnalités l'ont mis à l'honneur en inaugurant une rue à son nom dans le nouveau quartier, pas loin de l'Ecole qui porte son nom. Konrad Zuse était adulé en Allemagne et plusieurs rues et institutions portaient déjà son nom, de son vivant. Discours, musique et réception se sont succédés tout au long de la journée. J'ai eu le privilège d'être invité à la table réservée à K. Zuse et toute sa famille.

Le dernier souvenir de Konrad Zuse date de l'invitation que je lui avait faite pour recevoir le Prix et le Diplôme de l'Association Internationale de Cybernétique à Namur. Ce 22 août, Konrad Zuse a fait une conférence de 45 minutes sur Faust et deux conférences de plus d'une heure sur son Espace Calculant et son Plan Calcul, le 1er langage algorithmique. Tous les scientifiques présents étaient d'accord pour dire que son langage de programmation, qu'il avait élaboré depuis les années 1940, a des caractéristiques que l'on ne retrouve pas encore aujourd'hui dans les autres langages. Après ses trois conférences, ainsi qu'une longue conférence de presse où il s'est fait photographe dans différentes

"poses", Konrad Zuse était en pleine forme. Ce soir-là, il demanda tout simplement un restaurant pour déguster de nouveau du homard, tant il avait gardé un souvenir profond du homard de 1981 à Liège. Après maints coups de téléphone, enfin nous arrivâmes à en trouver un à Namur qui avait du homard à sa carte. Konrad Zuse était heureux, car était prêt à nous faire faire le déplacement jusqu'à Liège. Il prit donc un homard en entrée et un second comme plat.

Konrad Zuse était invité le 16 novembre 1995 pour recevoir son 4ème Prix en Belgique, la Chaire G. Sarton, à Gand. Il m'avait téléphoné une semaine auparavant pour me demander de faire la Leçon inaugurale à sa place pour des raisons de santé. Je lui ai téléphoné quelques jours plus tard pour lui dire que tout s'était bien passé. Je lui ai envoyé la Médaille et le Diplôme Sarton juste avant son entrée à l'hôpital. Nous devions nous rencontrer à Hünfeld en janvier 1996, pour discuter de mes traductions avant de les faire publier et de l'évolution de nos recherches sur les mathématiques discrètes (K. Zuse avait encore publié un article sur ce sujet en 1994).

Malheureusement, son fils aîné m'a téléphoné le 19 décembre 1995 pour me faire part du décès de son père, la veille. Ce fut un véritable choc. Un homme comme lui, un génie, ne devrait jamais mourir. En pleine capacité de ses moyens, lucide jusqu'au bout, il faisait encore des projets sur son lit d'hôpital. La seule consolation que l'on peut avoir, c'est de savoir que son oeuvre lui survivra et qu'il continuera à vivre dans les travaux de beaucoup d'entre nous. Et, dans mes pensées, je garderai le souvenir d'un génie et d'un homme si attachant.

KONRAD ZUSE, L'INVENTEUR DU PREMIER ORDINATEUR

Cet article a pour objectif de montrer la richesse et l'originalité de toutes les idées du Prof. K. ZUSE. Certaines de ces idées sont réalisées, mais la plupart sont encore des questions ouvertes aujourd'hui. Elles nous étonnent toujours maintenant alors que nous sommes

pourtant dans un monde technologique dont l'évolution ne devrait plus nous étonner en rien. Il est important d'éclairer certains aspects historiques liés à un pionnier de l'informatique.

D'abord, des informations inexactes ont été publiées au sujet de K. Zuse. Par exemple, dans "Le livre mondial 93 des inventions" dirigé par Valérie-Anne Giscard D'Estaing, il est écrit: "En 1944, Zuse travaillait sur le Z4, toujours à relais, mais toutes ses machines furent détruites lors des bombardements de Berlin." Or, K. Zuse a raconté dans sa biographie: "Si je voulais sauver le Z 4, il fallait quitter Berlin pour un région moins exposée. Au terme d'une odyssée pleine de périls, quelques amis et moi-même atteignirent la Haute-Bavière; un village alpestre nous accueillit, où nous allions rester un bon bout de temps, la machine et nous".

Ensuite, l'histoire de l'informatique nous montre que des idées originales inacceptées au moment de leur découvertes sont redécouvertes ou acceptées bien plus tard, mais mises en oeuvre par d'autres! Voir à ce propos, l'article "Le calculateur mécanique de Charles Babbage" de Doron Swade (in Pour la SCIENCE, avril 1993). K. Zuse, quant à lui, a réussi de son vivant à réaliser le rêve de sa vie: construire un ordinateur, depuis les concepts de base jusqu'à la commercialisation, seul et contre tous. Aujourd'hui, les scientifiques et les industriels sont financés, soutenus et encouragés par les programmes des Communautés Européennes pour atteindre des objectifs de cette ampleur.

Enfin, il arrive bien souvent que des idées originales présentées par des scientifiques ou industriels peu connus sont parfois considérées sans avenir réel pour l'avancement de la connaissance. Si un de ces "outsider", comme K. Zuse, réalise une oeuvre originale qui finalement est reconnue par la communauté scientifique, alors il est des plus intéressant d'analyser l'ensemble des idées qu'il a émises, même si celles-ci ne sont pas encore réalisées. Elles ont une forte probabilité de constituer un jour de nouvelles bases pour la science. En effet, les hommes, de tout temps, ont eu des théories bien arrêtées sur les questions fondamentales et, dès lors, ont des difficultés à accepter de

nouvelles idées originales qui les ébranleraient si elles étaient prises en compte. Comme le dit K. Zuse, "Les physiciens doivent adhérer strictement aux phénomènes et théories prouvées par des expériences". Or certains physiciens essayent parfois de valider leurs théories en leur ajoutant des prothèses ad hoc pour s'accorder avec les données expérimentales, au lieu de repenser le problème à la base. K. Zuse a eu l'audace d'esprit de reformuler fondamentalement des théories considérées comme établies, comme les extraits donnés dans cet article le démontrent bien.

C'est rendre justice à Konrad Zuse que de retracer sa carrière de chercheur acharné d'autant plus méritoire qu'elle avait débuté avec des moyens absolument artisanaux.

La jeunesse de Konrad Zuse

Né à Berlin le 22 juin 1910, Konrad Zuse fit ses études à l'Athénée de Hoyerswerda en Silésie, puis à l'Ecole supérieure technique de Berlin-Charlottenburg, où il obtint le diplôme d'ingénieur en construction en 1935. Dès l'âge de 17 ans, se manifesta en lui un irrésistible besoin de recherches et d'innovations.

Vers 1930, Konrad Zuse allait trouver son dada de prédilection: dès sa première année de cours à l'Ecole de Charlottenburg, frappé par le caractère fastidieux des innombrables calculs imposés aux étudiants et par le temps précieux qu'ils perdaient, l'espoir lui vint, qu'il pouvait, en inventant des machines calculatrices, devenir le "magicien" qui soulagerait considérablement le travail, non seulement des étudiants, mais encore des professeurs, des chercheurs, de tout qui, en fin de compte, était victime du fléau de la "calculation". Cette volonté fut encore renforcée par le fait que, lorsqu'il quitta l'Ecole, il fut engagé dans une véritable "machine à chiffres": le bureau d'études d'une usine d'aviation.

Il serait trop long, et même fastidieux pour les non-spécialistes en ce domaine, de décrire le cheminement des idées et des travaux qui menèrent M. Zuse du but qu'il s'était assigné jusqu'aux créations qui lui vaudront de conquérir sa place parmi les grands pionniers de l'informatique.

Les idées de K. Zuse

Pour l'essentiel, disons que Konrad Zuse comprit très vite que, pour réussir un grand bond en avant, il fallait résolument sortir des sentiers battus: le système décimal utilisé à l'époque se traduisait dans les machines à calculer par un lourd ensemble d'engrenages et de roues à dix dents. M. Zuse opta pour un système binaire qui lui permettait d'utiliser de petits leviers (relais), qui, selon leur position ouverte ou fermée, signifieraient "Oui" ou "Non", "Un" ou "Zéro. Le système binaire de calcul et la technique des relais devaient constituer la clé qui lui ouvrira la porte d'un nouveau monde. Il décida que, parallèlement à la création de matériel, il fallait élaborer, ce qu'il appelait un "plan de calcul", qui deviendrait plus tard "programme séquentiel"; il voyait le matériel composé d'un pupitre d'entrée de données, d'un magasin "mémoire" de données, d'un bloc de "calcul" fonctionnant à la demande de l'utilisateur en se servant de la mémoire et du programme par ailleurs enregistré. Il fallait trouver les moyens d'augmenter de façon sensationnelle la rapidité et la capacité de manoeuvre, tout en "miniaturisant" au maximum le matériel afin de limiter, par exemple, le volume du "magasin-mémoire" à un demi-mètre cube. Insistons sur le fait que toutes ces études, tous ces calculs, M. Zuse les fit chez lui en dehors de son travail professionnel, donc le soir et pendant les week-ends. Les prototypes de machines qu'il imagina et construisit dans un petit atelier installé dans la maison de ses parents, le seront en grande partie au moyen de matériel et d'accessoires de réemploi; et, malgré pareil handicap, M. Zuse parvint à rendre ces machines "réellement" opérationnelles et dans des délais très courts. La première d'entr'elles était au point dès 1938: il s'agissait d'une machine avec mémoire, travaillant suivant le principe

binaire, mais encore entièrement mécanique.

Le besoin d'aide et de finances commençait toutefois à se faire sentir. M. Zuse avait déjà et allait continuer à bénéficier du concours et des conseils d'amis ou de personnalités s'intéressant à ses recherches. En 1937, en quête de subsides, il s'adressa, sur recommandation, à un important fabricant de machines à calculer, qui lui tint à peu près ce langage: "Cher Monsieur, où allez-vous donc vous fourvoyer; les machines que nous sortons actuellement représentent déjà le summum de ce qu'on peut en attendre. Il ne reste que bien peu de chose à innover dans ce domaine". M. Zuse se fit convaincant et obtint l'appui financier du fabricant, ce qui l'aida à construire son deuxième modèle déjà équipé, lui, de relais électromagnétiques, et d'étudier son troisième, le Z3.

Le début de la guerre interrompit l'activité de M. Zuse, qui se retrouva pour six mois au service militaire. Il profita des "pauses" que lui laissait ce nouveau métier pour réfléchir, jouer des parties d'échecs sur un jeu portatif qui ne le quittait pas et en tirer des enseignements utiles pour ses projets. Plus tard, il eut l'idée de recourir à l'amitié d'un aveugle féru de mathématiques, et la connaissance de l'écriture Braille l'aida dans ses essais de codification: cet aveugle, dit-il, fut mon premier programmeur.

Rappelé à la demande de l'usine d'aviation qui l'occupait, M. Zuse obtint de ne plus y travailler qu'à mi-temps afin de pouvoir se consacrer à ses recherches, auxquelles la société commençait d'ailleurs à s'intéresser. Il soumit alors son prototype Z2 à l'Institut de Recherches pour l'Aviation et attendit, non sans inquiétude, la visite des délégués de cet Institut: avec une machine composée partiellement de matériaux de réemploi, pouvait-on savoir avec certitude comment la démonstration allait se dérouler, et si la machine n'allait pas en profiter pour jouer un mauvais tour à son auteur? Miracle, tout se passa au mieux, et l'Institut décida de financer en partie l'invention du prototype Z3.

C'est à ce Z3 que l'on peut, pour la première fois, donner le nom d'ordinateur, car il s'agit d'une machine absolument fonctionnelle marchant selon un programme. Rapidité: environ 3 secondes pour une multiplication, une division ou une racine carrée.

Le Z3 était né en 1941, trois ans environ avant la machine Mark I conçue à l'Université américaine de Harvard sous les directives du Professeur Howard Aiken; quatre ans avant celle conçue chez Bell sous la direction de Stibitz (et qui, selon M. Zuse, avait le plus d'analogies avec son modèle Z3) et les découvertes de l'Eniac sous direction d'Eckart et Mauchly.

Certes, la capacité de mémoire du Z3 était relativement modeste en comparaison de ce qui se fabrique actuellement, mais elle suffisait amplement pour prouver l'efficacité, donc la valeur de l'invention, et tester la fiabilité de son programme. Répétons que M. Zuse n'avait pu, en cette période troublée, se procurer maints accessoires "up-to-date" qu'il aurait souhaités et avait dû se contenter de ce qu'il pouvait trouver ici et là, et le plus souvent, de réemploi.

Il importe de préciser que le Z3 a trouvé son utilité pratique dès son invention; il a "servi" pour l'élaboration de diverses applications dans plusieurs bureaux, notamment à l'Institut de Recherches aéronautiques. De même l'ordinateur Z4 sera employé, après la guerre, durant plusieurs années, principalement par l'E.T.H. à Zurich, ce qui permettra à M. Zuse de dire: "En 1950, le Z4 était le seul computer travaillant en Europe". Le Z4 sera une machine de la même lignée que le Z3, mais plus perfectionnée et de plus grande capacité. Le Z3 fut malheureusement détruit par les bombes en 1944; mais il a été fidèlement reconstitué depuis, et l'on peut aller le voir au Musée des Inventions à Munich.

L'oeuvre de K. Zuse à travers la guerre

L'élan qu'avait pris dès avant 1940 Konrad Zuse faillit être brisé par la guerre. En 1941, M. Zuse avait monté une petite usine à

Berlin et mis au point son modèle Z3. Mais à partir de 1942, alors qu'il commençait à réaliser son appareil Z4, les bombardements aériens, de plus en plus fréquents et violents, allaient rendre le travail d'autant plus difficile que la main-d'oeuvre qualifiée et les approvisionnements se faisaient plus rares. Trois fois, il fallut déménager l'usine parce que les bombes avaient gravement endommagé ses installations. En 1944, la situation devint tragique: les prototypes Z1, Z2, Z3 et une partie des plans et études de M. Zuse disparurent dans les décombres. Il fallait une volonté de fer et des nerfs à toute épreuve pour continuer à progresser dans de pareilles conditions; et pourtant, fin 1944, le modèle Z4 était pratiquement au point.

M. Zuse comprit alors que l'essentiel devenait: survivre à la guerre et sauver son invention. Pour cela, il fallait quitter Berlin. Au prix de mille difficultés, il parvint à obtenir l'autorisation d'embarquer l'essentiel de son matériel dans un wagon de chemin de fer qui atteignit intact Göttingen, après un voyage périlleux de quinze jours. De là, ayant déniché un camion et des bons d'essence, M. Zuse et deux de ses proches collaborateurs (en même temps que l'équipe de Wernher von Braun qui allait également en Bavière) s'enfoncèrent vers la Haute-Bavière, roulant la nuit, s'abritant le jour dans de petits villages, traversant les villes entre deux bombardements. En deux nouvelles semaines, ils étaient en montagne et se faisaient héberger dans le village de Hinterstein en Allgäu. Le prototype Z4 était presque sauvé.

Presque, car le bruit se répandit dans le patelin que la précieuse machine qui y fut entreposée était une nouvelle arme secrète susceptible de faire sauter toute la région (à cette époque le Z4 s'appelait le V4, l'abréviation de *Versuchmodell*, modèle expérimental en allemand, ce qui permit de sauver son ordinateur). Il fallut convaincre les villageois, et ensuite les autorités d'occupation qui allaient bientôt arriver, qu'il ne s'agissait là que d'une inoffensive machine à calculer.

La guerre était terminée, mais ce n'est que très lentement que l'activité industrielle et commerciale reprit, et par priorité tout ce qui était vital pour l'hébergement et le ravitaillement de la population accrue du long cortège des réfugiés venant de l'Est. Konrad Zuse et sa

famille allaient vivre quatre années dans le village alpestre qui les avait recueillis. M. Zuse y consacra une bonne part de son temps à la réflexion et à l'élaboration de projets qui resteraient momentanément dans le domaine de la théorie. Petit à petit néanmoins, il entreprit de perfectionner encore sa machine et de la tester en élaborant des programmes pour de petites entreprises de la région. Certes, c'était "utiliser un canon pour tirer sur des moineaux". Mais M. Zuse savait qu'en matière de computer, un stade primordial est de détecter toutes les erreurs possibles et de parvenir à les corriger, ce qu'il fit d'une manière quasi artisanale: il était non seulement impensable de monter une nouvelle usine à cette époque, mais il fut bien difficile de trouver les outils et le matériel nécessaires pour alimenter le petit atelier que M. Zuse avait improvisé à Hinterstein. Heureusement, comme il le disait plaisamment, "les soldats américains abandonnaient un peu partout leurs boîtes à conserves vides, et, avec cette ferblanterie, les Allemands pourraient recommencer à construire des computers".

Depuis 1941, l'Allemagne vivait dans l'ignorance des progrès réalisés aux Etats-Unis dans un domaine où, grâce à Konrad Zuse, son pays avait pris une légère avance. Celle-ci fut perdue notamment parce que les Américains purent perfectionner sans désespérer leurs machines et donner une grande publicité aux résultats obtenus, alors que, de 1944 jusqu'en 1949, M. Zuse se trouva dans l'impossibilité de commercialiser son invention, et même de la faire connaître dans des publications.

K. Zuse à la conquête du marché européen

Progressivement, M. Zuse avait toutefois renoué des contacts en Allemagne et à l'étranger, et d'aucuns apprirent ainsi que fonctionnait en Allgau une machine analogue à celles qui commençaient à se faire connaître aux Etats-Unis, et qui allaient bientôt partir à la conquête du marché européen. M. Zuse était impatient de trouver des appuis qui lui permettraient d'industrialiser la machine à laquelle il avait consacré tant d'efforts aussi bien pour la créer et la mettre au point que pour la sauver de l'enfer de Berlin. Il reçut la visite de spécialistes allemands,

français, anglais, américains. Après avoir bénéficié d'une première aide suite à un contrat à durée limitée signé avec IBM, il fut contacté par Remington Rand et par l'Ecole Technique Supérieure Confédérale de Zurich qui lui ouvrit le marché suisse. Dans les locaux de cette école se trouve encore exposé, après tant de pérégrinations et de vicissitudes, l'appareil Z4, si cher au coeur de Konrad Zuse. C'est grâce aux contrats signés avec cette Ecole et avec Remington que M. Zuse put enfin monter en 1949 à Neukirchen en Hesse une nouvelle usine, où de précieux collaborateurs lui apportèrent un concours efficace par leur compétence technique et commerciale.

S'il n'a pu réaliser toutes ses idées, ni réussi à les faire toutes consacrer par des brevets, Konrad Zuse n'aura pas connu le découragement de voir ses idées, ses inventions reprises par d'autres sans pouvoir travailler lui-même à leur perfectionnement. Selon ses propres termes, la plus belle récompense pour un chercheur n'est-elle pas de voir son invention réalisée et son fonctionnement répondre à ce qu'il en attendait. Or, un an après la constitution de la Zuse K.G. (1949), l'usine était construite et équipée et la fabrication des premières machines allait débiter.

K. Zuse, chef d'entreprise

Une nouvelle existence commençait pour Konrad Zuse: d'inventeur, il devenait chef d'entreprise, avec tout ce que cela comporte de joies et de tracas; et la tâche qui l'attendait était ardue: n'oublions pas qu'en 1950 l'utilisation des ordinateurs en Europe en était à ses tout premiers débuts. Durant les années 50, l'efficacité de ces machines se heurtait, chez beaucoup, au scepticisme, voire à l'hostilité de ceux qui voyaient en elles une complication du travail plutôt qu'une simplification, une concurrence plutôt qu'une aide. Pionnier de son invention, M. Zuse devenait pionnier de la commercialisation de l'ordinateur.

Les années 50 furent exaltantes pour M. Zuse et son équipe; est-il exagéré de dire que la Sté Zuse K.G. était peut-être devenue à la

fin de la décennie le principal concurrent d'I.B.M. en Allemagne ?

En cette période héroïque qui avait vu se réaliser de nouveaux modèles Z11, Z22, Z23, le système de software n'existait pas. C'était la plupart du temps les mathématiciens et les ingénieurs des clients qui élaboraient et mettaient au point, avec l'aide des ingénieurs de la Zuse K.G., les programmes convenant aux besoins des clients. On y travaillait des journées entières — et parfois la nuit — pendant des semaines ou des mois. Il naissait ainsi une véritable complicité de travail entre l'équipe Zuse et les usagers d'ordinateurs, à tel point que, en 1959, se créa une "Amicale des clients de la Zuse K.G." qui se réunit en congrès à l'automne de chaque année.

Malheureusement, il est dit que toute médaille a son revers: ironie du sort, c'est le succès croissant de l'industrie du Computer, associé à de foudroyants progrès dans le domaine de l'électronique et de l'informatique qui allait, vers 1960, mettre finâncièremment en péril la Sté Zuse en tant qu'entreprise moyenne indépendante.

Depuis un certain temps déjà, les ateliers et bureaux étaient devenus trop exigus et il avait fallu louer divers locaux éparpillés dans la ville pour y héberger certains départements de l'entreprise. La construction d'une usine beaucoup plus vaste et encore plus moderne allait se révéler devenir une nécessité. Les portes s'ouvraient de plus en plus largement à la société, à la satisfaction de ses dirigeants, par exemple: l'automatisation de la production dans des aciéries ou des laminoirs, la réalisation de vastes applications dans des firmes de transports aériens. Par ailleurs, une nouvelle tendance se faisait jour de louer les ordinateurs plutôt que de les acheter; cela entraînait une forte augmentation de l'en-cours de fabrication de l'usine, cause d'une immobilisation de fonds de plus en plus insupportable. De plus, les clients, de moyenne importance perdaient l'habitude d'écrire eux-mêmes leurs programmes. Le temps du software était né. Le constructeur devait maintenant imaginer des programmes standards susceptibles d'être utilisés dans les délais les plus courts, moyennant les adaptations nécessaires aux cas particuliers soumis par les clients. M. Zuse dut dès lors engager une série de programmeurs, charge qui s'ajoutait aux

dépenses considérables déjà entraînées par les modernisations et reconversions consécutives à l'avènement du transistor (dont il allait équiper les modèles Z24, Z25 et Z31) et aux énormes progrès de l'électronique. La concurrence se faisait de plus en plus féroce, et la clientèle, de plus en plus exigeante. Même si tout n'avait pas été rentable dans divers secteurs de fabrication, l'équipe de la Zuse K.G. pouvait être satisfaite des brillantes performances réalisées depuis 1949. Mais M. Zuse se trouvait en 1964 devant une alternative difficile: ou bien conserver son indépendance et risquer l'asphyxie financière, ou bien amarrer son entreprise à un important groupe industriel pour lui assurer sa continuité. M. Zuse comprit que la première solution était du "romantisme", donc irréaliste. Il chercha la bouée de sauvetage, et la trouva d'abord chez Brown Boveri & C°, ensuite chez Siemens AG, laquelle contrôlera entièrement la Zuse K.G. à partir de 1969. Bien sûr, M. Zuse cesserait d'être maître à bord, mais il aurait l'énorme satisfaction d'avoir sauvé son enfant, et de continuer à prodiguer ses conseils techniques jusqu'à l'heure de la retraite.

Ainsi qu'il le dit dans son livre "Le computer, l'oeuvre de ma vie" Konrad Zuse aura eu le rare bonheur de faire de son hobby de jeunesse (inventer une machine à calculer) l'objet de toute sa carrière professionnelle, jusqu'à l'invention et la commercialisation de "son" computer, et la satisfaction de s'être vu décerner depuis 1957 une série de hautes distinctions honorifiques, justes récompenses de près d'un demi-siècle de recherches et de travail acharnés.

LES IDEES, TOUJOURS D'ACTUALITE, DE KONRAD ZUSE

LES AUTOMATES CELLULAIRES IRREGULIERS DE K. ZUSE

L'inventeur du premier ordinateur, Dr-Ing. Konrad ZUSE, avait introduit au début des années 1940 le concept de "Rechneden Raum", qu'on peut traduire par "Univers calculant". La forme la plus simple de cet univers se présente comme une grille orthogonale d'automates cellulaires. K. Zuse pensait à cet univers calculant comme modèle de

processus physiques (Zuse, 1970). Originellement conçus par K. Zuse et S. Ulam, les automates cellulaires furent mis en pratique par J. von Neumann pour imiter le comportement de structures complexes étendues spatialement (cfr Toffoli & Margolus, 1987).

Actuellement, les recherches sur les automates cellulaires sont de plus en plus nombreuses. Par exemple, dans l'article "L'hydrodynamique modélisée sur réseau" par Boon, Frisch et D'Humières (in *La Recherche*, avril 1993), il est intéressant de lire:

"nos automates construits dans un espace discret ne seront invariants que par certaines rotations de cet espace (...). Feynman, intrigué par ce problème, proposa de résoudre en déstructurant le réseau, c'est-à-dire en reliant les noeuds au hasard. Cette solution, d'une mise en oeuvre délicate, n'a pu encore être explorée; les chercheurs se sont plutôt orientés vers une autre solution, d'inspiration cristallographique (...). Dans l'état actuel de nos connaissances, les gaz sur réseaux, et plus généralement les automates cellulaires, n'ont pas la prétention de supplanter les méthodes classiques; ils ont plutôt vocation à se placer parallèlement à ces dernières pour certaines classes de problèmes".

Ce problème de l'anisotropie de l'espace dans les automates cellulaires est donc toujours d'actualité. Et pourtant, K. Zuse (1973), concepteur des automates cellulaires avec Ulam dans les années 1940, proposa de créer des treillis irréguliers pour éviter les problèmes d'anisotropie de l'espace.

Feynman, Prix Nobel de Physique, fit une proposition semblable.

Les idées de K. Zuse sur la possibilité de comprendre l'espace-temps de l'univers à partir d'une extension de la théorie des automates cellulaires sont toujours d'une actualité brûlante. Les extraits suivants de K. Zuse (1973), que j'ai essayés d'adapter en français, sont assez longs, car il s'est avéré que ses idées originales forment une totalité qui, en la fragmentant, conduit à une perte d'information sémantique assez surprenante.

"(...) Ce dont nous avons besoin ici est un type spécial d'automate, à savoir l'automate cellulaire. Le concept de base de l'automate

cellulaire est l'arrangement de simples petits automates dans la forme d'un treillis, les noeuds voisins étant interconnectés. Nous pouvons commencer avec l'hypothèse que chacun des points de croisement du treillis contient un petit computer et qu'un échange d'information s'établit entre ces computers.

(...)

De tels automates ont déjà été construits. Comme on peut l'imaginer, ils peuvent très bien être utilisés pour calculer des équations différentielles aux dérivées partielles. Pensons seulement à la computation du temps qu'il fait, qui est réalisé comme une computation plane sur un réseau de points de croisement d'un treillis. Vous réaliserez que je pourrais calculer de telles équations différentielles aux dérivées partielles très rapidement, si je pouvais mettre un computer dans chaque point de croisement. De plus, on n'est pas limité à utiliser le système orthogonal. D'autres systèmes ont déjà été développés, par exemple des arrangements de triangles ou, pareillement, dans une configuration en nid d'abeilles. Le théoricien des automates a diverses possibilités de concevoir des automates cellulaires, et leur comportement a déjà été exploré jusqu'à un certain point.

Le problème décisif dont je voudrais vous entretenir est le suivant: Jusqu'ici le rôle de l'expert du computer était de fournir un bon outil, aussi bon et aussi précis que possible, capable de calculer des équations différentielles aux dérivées partielles. Il a essayé d'augmenter la précision aussi bien que possible pour exclure des sources d'erreurs. Néanmoins, il ne sera peut-être jamais possible de réaliser exactement, même avec un automate extrêmement bien construit, le modèle des équations de Maxwell ou n'importe quelle autre équation de la physique. Un comportement fondamentalement différent existe entre le modèle computant et le modèle mathématique.

Le mathématicien et le physicien théorique supposent que la nature correspond à leur modèle d'équations différentielles. C'est une hypothèse qui jusqu'à présent n'a pu être ni réfutée ni prouvée. Une première exigence de la computation numérique est d'assimiler aussi bien que possible le modèle à la nature dans le sens d'un continuum.

Mais on peut considérer le point de vue inverse: Je me libère de cette exigence de plus grande exactitude et ne tente pas de développer un outil pour solutionner des équations différentielles, mais à la place, je

sonde le comportement d'automates cellulaires. La question se pose alors, avec quelle inexactitude puis-je construire mon computer pour le faire fonctionner suffisamment bien pour permettre l'observation d'effets qui, au moins de loin, peuvent être comparés au comportement de la nature? (...)

Si on ajoute la question: 'Comment inexactement peut-on opérer pour que tous les effets observables deviennent manifestes?', on arrive alors au comportement d'une chaîne de relais dans laquelle de simples impulsions sont propagées. On peut établir des règles et reconnaître des analogies avec les lois physiques de la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie. Cette investigation peut être étendue aux automates plans ou même aux systèmes à trois dimensions ou plus. En cela, nous ne sommes pas limités à un arrangement orthogonal, mais nous pouvons choisir, dans un espace à trois dimensions, un arrangement qui correspond au problème de l'empilement le plus dense de billes. (...)

On peut se poser la question supplémentaire, s'il est possible de concevoir une circuiterie cellulaire dans laquelle des impulsions peuvent se déplacer à travers le système dans des directions aléatoires. A cet égard, le simple computer au point de croisement du treillis de l'automate cellulaire nécessite seulement la composition de quelques éléments commutants satisfaisants aux opérations logiques de base. Nous pouvons alors parler de patterns qui consistent en des combinaisons de valeurs oui/non. Un tel pattern se propage sur la base des lois du circuit. Il existe un état normal du système, qui se présente quand tous les membres sont mis à zéro.

Tout autre pattern représente une perturbation de cet état normal. De telles perturbations et leurs patterns respectifs sont d'un intérêt particulier quand ils ne se dissipent pas ni se dissolvent, mais sont conservés dans leur configuration même pendant qu'ils se propagent comme un tout. De tels patterns se propagent alors à travers l'espace, semblables à des particules de la physique, et, par conséquent, je voudrais introduire le terme de "particules digitales" pour les désigner.

On peut alors jouer avec de tels effets de multiples façons. Je dis jouer intentionnellement, pour mettre en évidence, qu'aussi longtemps que nous n'avons pas une théorie affinée, c'est un jeu qui permet d'explorer beaucoup de possibilités. Si de telles particules digitales s'appro-

chent l'une de l'autre, que se passe-t-il alors? Théoriquement il pourrait arriver que les particules entrent en collision, mais qu'effectivement elles passent à travers l'une de l'autre sans interaction entre elles. Mais il peut très bien arriver qu'elles interagissent, ce qui constituerait évidemment un processus d'information. Le résultat serait la création d'une nouvelle particule qui s'en irait dans une autre direction.

On montrerait cet effet à un mathématicien, par exemple sur l'écran d'un terminal connecté à un ordinateur, sans lui dire qu'il regarde des processus digitaux, que pourrait-il faire? Il pourrait seulement faire des mesures et des observations! Il arriverait à la conclusion: les particules interagissent avec la probabilité d'un-demi, et elles ne le font pas avec la probabilité d'un-demi. Nous avons un résultat semblable en physique, où le fait, que deux particules interagissent ou non, est déterminé par des lois de probabilité.

En conséquence, nous opérons avec des modèles intéressants pour lesquels, néanmoins, les particules sont encore loin de représenter des modèles physiques réels. De toute façon, ils stimulent des réflexions et nous rendent curieux de savoir ce qui se passerait en allant plus loin. Cela vaudrait la peine de réaliser des investigations plus intensives et d'observer le développement futur de la théorie des automates cellulaires. Mais cela demande un investissement considérable, puisque d'assez grands computers doivent être utilisés. La recherche dans cette optique est déjà en cours aux USA. L'idée, mentionnée ci-dessus, de chercher des analogies avec la physique théorique, y a également été exprimée.

Une des réserves principales à l'encontre de l'automate cellulaire a été émise sur son anisotropie. Par conséquent, le concept d'une structure en treillis de l'espace a été désapprouvé par les physiciens pour des considérations fondamentales, et, en fait, nos modèles ont comme propriété, d'avoir des directions privilégiées. Aussi longtemps, cependant, qu'il n'existe aucune information que de telles situations se présentent réellement dans l'espace. La structure itérative d'un treillis est encore plus en contradiction avec la théorie de la courbure de l'espace comme définie par la théorie générale de la relativité.

Pour réaliser un rapprochement des points de vue, on avait à convertir des treillis construits régulièrement en treillis organisés irrégulière-

ment. Ceci nous ramène à la théorie d'automates variables et grandissants. Le concept de base est ici, que les irrégularités de la structure du treillis soient une fonction des patterns en mouvement, qui représentent les particules digitales. A ce moment-là, non seulement certaines valeurs sont affectées aux seuls points de croisement du treillis d'après le concept de l'automate cellulaire, qui sont en relation mutuelle et se séquent l'un l'autre, mais également les irrégularités du treillis lui-même sont des fonctions de ces valeurs du réseau courant s'interconnectant. On peut imaginer assez aisément que de cette façon, l'interdépendance de la masse, de l'énergie et de la courbure de l'espace peut logiquement résulter du comportement de la structure du treillis.

Même s'il n'est pas encore possible d'établir de telles théories avec une exactitude suffisante, on peut déjà développer quelques idées générales.

La théorie de l'information utilise le terme (dans le sens d'une quantité) 'information', un terme qui, fréquemment utilisé erronément, devrait cependant être clairement défini avant d'être appliqué.

Nous connaissons la signification de ce terme pour un canal de communication. Dans ce cas, une certaine information est affectée au message. La théorie de l'information définit l'unité de mesure, le bit.

Est-ce que ce concept d'information existe aussi dans la nature? Si on applique le modèle de l'automate cellulaire, la question peut être solutionnée comparativement aisément. Si on approche le problème différemment, en persévérant à utiliser le modèle analogique des équations différentielles, on est confronté à une situation difficile. Pour l'automate cellulaire, cependant, ce qui suit est vrai:

D'abord, on peut affecter une quantité d'information à des structures à variabilité limitée. Prenez une carte perforée comme exemple. Si on peut perforer des trous dans des positions prédéfinies, alors une carte, avec 80 colonnes de 12 positions, a une capacité de 960 bit. Indépendamment, si la capacité de transmission de l'information est utilisée, il peut être établi que l'objet carte perforée a une variabilité dans sa structure qui correspond à 960 bit. Ceci signifie que la structure peut varier d'une quantité de 2^{960} possibilités.

Nous pouvons également appliquer le concept de la variabilité de structure à l'automate cellulaire. Pour commencer, on peut prendre

une unique cellule et la considérer comme un automate qui, dans le concept de l'automate cellulaire, peut présenter un nombre discret d'états. Le logarithme à base 2 du nombre d'états serait la quantité d'information de cet unique point de croisement. Je voudrais alors avoir dans le modèle de l'automate cellulaire une information limitée, mesurée à l'intérieur d'un certain domaine. Evidemment, je n'ai pas encore examiné la situation comme un tout, puisqu'on rencontre des limitations finies, semblables à celles qui jouent un rôle important dans des modèles physiques. Naturellement, la théorie des automates cellulaires peut prendre aussi de l'importance pour ces problèmes.

En principe, un automate cellulaire est supposé avoir une extension infinie. Mais les automates réalisés en pratique ont naturellement un nombre limité d'éléments. On pourrait donner aux automates cellulaires avec des treillis réguliers la forme d'un tore, et de cette façon obtenir des solutions finies. Si des treillis irréguliers sont utilisés, différentes solutions sont possibles par analogie avec les espaces courbés et finis de la physique.

L'exploration des idées suivantes semble spécialement attrayante:

Ouelle est l'information contenue dans une particule dans l'espace? Peut-on parler d'une conservation d'information exactement au même titre qu'une conservation d'énergie ou une conservation de quantité de mouvement ou d'une charge, etc? Ma foi, cette question n'a pas de réponse évidente. Si nous commençons par le concept d'une équation différentielle, avec laquelle le physicien actuel opère, l'information en chaque point de l'espace devrait alors être infinie. Jusqu'à présent, je crois qu'aucune critique suffisante n'a été faite comme toujours pour explorer les conséquences qui résultent de ce concept.

Les mathématiques classiques permettent d'insérer un nombre aléatoire de valeurs intermédiaires entre deux valeurs. Ceci est le concept de l'analyse mathématique, sur lequel les équations différentielles sont basées. De telles conditions ne se rencontrent pas dans la computation digitale, à cause du nombre techniquement limité de chiffres des ordinateurs. Un automate particulier, par conséquent, a seulement un nombre limité de valeurs, i.e. des valeurs discrètes, comme il n'est pas possible d'insérer entre deux valeurs un nombre aléatoire d'autres, d'intersecter respectivement dans le champ des quantités aléatoires. Il y a certaines valeurs maximum et des valeurs de seuil. Ce sont les

limites que le scientifique actif dans la pratique doit voir, qu'il essaye d'éliminer autant que possible, mais qui considérées d'un point de vue différent, sont d'un intérêt particulier. Comment des automates se comportent-ils, si on choisit de limiter les valeurs intentionnellement dans un champ étroit borné supérieurement et inférieurement? Les effets produits nous amènent peut-être plus loin. Qu'arrive-t-il si j'affecte une équation d'onde à un tel système? Peut-être que des valeurs quantifiées et des événements se produisent qui ont une ressemblance à ceux de la physique. (...)

On pourrait appliquer le concept d'une conservation d'information également aux particules digitales. La question suivante se pose alors: La quantité d'information de deux particules qui interagissent est-elle conservée? (...)

Dans le sens de la théorie des automates, une telle particule peut être généralement vue comme étant dans un état fluide. (...)

On introduit quelque pattern dans le champ. La commutation et la structure du pattern sont maintenant telles que ce pattern, après quelques pas temporels, se reproduit lui-même. Des investigations de ce type ont été déjà faites. Si on n'empêche pas une telle particule de se propager elle-même, elle prend alors un nombre d'états, qui reviennent périodiquement ensemble, toutefois avec un changement de localisation où ces états prédominent.

Il est alors possible de concevoir des classes de particules qui représentent un certain type et qui sont discernables les unes des autres à partir de leur impulsion et vecteur de vitesse qui leurs sont respectivement affectés. Le nombre de patterns possibles donne alors une mesure de l'information de la particule. De cette façon, nous arrivons réellement à des possibilités d'appliquer le terme 'information' à de tels processus.

Dans un *automate variable*, avec un treillis irrégulier, les particules digitales représentent des patterns de treillis vaguants qui, avec leurs distorsions à l'intérieur du treillis, se propagent eux-mêmes. De cette façon, l'anisotropie de l'espace peut être expliquée statistiquement. Des termes comme la distance temporelle et spatiale et leur quotient, la vitesse, deviennent des quantités statistiques. En transférant de telles idées à l'univers, on doit en effet considérer que l'espace est extraordinairement bien structuré, d'une manière telle que la dispersion

statistique de la vitesse de la lumière, par exemple, est bien loin d'être détectable par les meilleurs instruments disponibles.

Maintenant, je voudrais ajouter quelque chose au problème de la détermination (du temps). En général, on part de l'hypothèse que l'ambivalence de la direction du temps est vraie pour les lois de la physique. Logiquement, en mécanique classique, les lois de Newton sont vraies dans les deux directions. Dans une théorie basée sur les équations différentielles, il n'y a aucune raison de donner de prime abord une préférence à une direction du temps. Par conséquent, cela allait de soi pour Laplace de faire l'hypothèse de l'ambivalence de la direction du temps dans sa célèbre thèse, puisque les lois mathématiques formant son fondement ne donnaient aucune raison de préférer une direction du temps.

Ce n'est que depuis l'introduction du terme 'entropie', qu'aujourd'hui les physiciens croient être capable de donner une préférence à la direction positive du temps en dépit de l'ambivalence de la direction du temps habituellement tenue pour établie pour les lois physiques.

Du point de vue de la théorie des automates le problème se présente différemment: Un automate est habituellement une structure déterminée, i.e. il fonctionne suivant des règles strictes. Un nombre d'états se succèdent les uns après les autres, pour lequel l'état suivant est toujours une conséquence de l'état précédent. Ceci n'est pas le cas en marche arrière. L'état présent ne permet pas de conclure sur l'état antérieur, puisqu'ici une multiformité peut-être présente, c'est-à-dire, que plusieurs états peuvent résulter dans un état identique. Par conséquent, il est intéressant de percevoir que le comportement des automates est entièrement différent de celui des modèles de la physique qui ont été présentés depuis si longtemps.

En contraste avec un mathématicien du temps de Laplace, le théoricien de l'automate, par conviction conséquente du comportement des automates, ne voudrait même pas considérer l'hypothèse d'une ambivalence de la direction du temps. Au contraire, il devrait probablement chercher avec un effort considérable des solutions compliquées pour remplir une exigence pour l'ambivalence de la direction du temps.

Une autre considération que je voudrais mentionner ici: Si on soumet, par exemple, quelque chose au quantum d'action, qui d'une manière ou d'une autre correspond à une action de commutation, alors la

conservation d'énergie apparaîtrait comme une action de commutation par unité de temps, et la conservation d'énergie deviendrait une conservation d'action de commutation. Avec un automate cellulaire, ceci signifierait qu'il changerait couramment ses états, débutant par un certain état originaire, dans lequel le degré de complexité est en train d'être conservé.

A mon avis, ce n'est pas suffisant d'identifier l'énergie et l'information.

Les automates discrets ont seulement un nombre discret d'états, et par conséquence seulement des valeurs discrètes de leurs paramètres. Ceci signifie, que toutes ses quantités étant manipulées doivent être digitalisées sous quelque forme. La possibilité la plus logique est de transformer toute l'information en bits. En concordance avec la circuiterie, les opérations de base du calcul des propositions jouent un rôle important. Ca permet encore de voir beaucoup d'effets sous de nouveaux angles. Avec les équations différentielles, il est bien connu qu'une interaction réciproque d'événements différents, par exemple des ondes, peut seulement être produite par l'introduction de superpositions non-linéaires. Avec une digitalisation logique à l'extrême, on aboutit à des additions logiques de deux bits, i.e. à la disjonction propositionnelle. De cette manière, les interactions ont aussi été réduites à un cas élémentaire.

En général, le comportement d'une circuiterie est strictement déterminé. Cependant, par l'introduction de décisions oui/non (alternatives ambivalentes) on peut arriver à des cas élémentaires d'événements déterminés par hasard. Le théoricien imaginatif de l'automate a une grande variété de possibilités à sa disposition pour concevoir des modèles d'automates cellulaires. Le champ de variations des différents modèles est imprévisible.

(...)

C'est ma ferme conviction que la théorie des automates apportera dans le futur d'importantes contributions à l'exploration des lois de l'univers. Il y a une nécessité pour cela, que les informaticiens soient conscients de leur propre capacité, et qu'ils soient audacieux en présentant leurs propres convictions avec l'énergie nécessaire.

Les considérations que je vous ai présentées ne reflètent cependant pas une théorie complètement établie et mûre. Mon concept s'est graduel-

lement développé durant les 20 à 30 années passées pendant que je fus prioritairement engagé dans le développement de l'ordinateur et des problèmes directement connexes. Leurs sources furent des considérations au sujet de commutations algébriques en connexion avec le développement de circuiteries logiques complexes. Je dois avouer que ma connaissance de la physique est celle d'un ingénieur plutôt que celle d'un physicien professionnel."

L'EMANCIPATION DU TRAITEMENT DE DONNEES, SELON K. ZUSE

Le Plan-Calcul de K. Zuse, en 1945, le premier langage orienté objet

"Le Plan-Calcul fut une tentative de K. Zuse dans les années 1940 pour inventer un système de notations et de concepts d'écriture de ce qui est appelé aujourd'hui un programme. (...)

Le Plan-Calcul, une remarquable première sur la voie des très hauts langages de programmation, mérite une place dans l'histoire de l'informatique. (...) A cet égard, le Plan-Calcul surpasse les potentialités des langages de programmation d'aujourd'hui, y compris l'ALGOL 68. (...) Il ne faut pas oublier que non seulement K. Zuse inventa le Plan-Calcul, mais qu'il l'utilisa pour formuler certains programmes non-triviaux de type nonnumérique pour démontrer les potentialités de computation. Les programmes sont de toute manière non-triviaux pour l'année 1945 et plus ambitieux que les premières étapes du travail que von Neumann fit avec sa Gedanken Maschine (cf. Knuth, 1970). (...) Le Plan-Calcul se révèle tout à fait être un langage de programmation largement développé avec des objets structurés qui sont construits à partir d'une unique primitive d'objets — les deux valeurs booléennes" (Bauer & Wössner, 1972).

Dans ce premier extrait, K. Zuse (1979) explique quelques concepts relatifs à son "Plan-Calcul".

"(...) Je suggère donc de suivre la voie suivante:

La conception de données est introduite comme un élément fondamental dans la Théorie du Traitement de Données. L'élément de base est le bit. Nous faisons ainsi sans déduire le bit dans le sens de la Théorie de l'Information comme décision entre deux alternatives. Toutes les autres structures de données sont composées de bits. Ainsi nous obtenons un énoncé élémentaire:

"Le traitement de données commence avec le bit".

Les données sont des objets de computation et toutes les données ont des structures déterminées par des définitions. Elles doivent être construites de telle façon qu'elles puissent être clairement conçues comme un tout ou dans leurs composants.

Comme le bit représente la structure de données élémentaire, les opérations avec des bits sont aussi élémentaires.

Ces idées m'ont induit à développer le "Plan-Calcul". C'est le seul langage algorithmique, conçu en conséquence, correspondant à ces points de vue. Ici, je ne peux qu'illustrer ceci par quelques exemples.

Toutes les données ont une structure. Ceci permet plusieurs "valeurs". Dans des programmes elles peuvent être spécifiées par des noms. Le plus souvent l'ensemble des valeurs d'une structure est finie. Mais, en principe, nous pouvons définir des structures avec des nombres infinis de valeurs. La conception "potentiellement infinie" introduite en mathématique est aussi bonne dans ce cas.

En mathématique moderne la théorie des ensembles est généralement appliquée avec grand succès comme un instrument efficace. Un ensemble peut être défini de différentes manières, e.g. par des prédicats attachés à tous les éléments d'un ensemble. La définition directe est la liste des éléments. Toutes ces descriptions d'ensembles sont des données. Pour traiter une liste, nous avons besoin de la définition de la structure des données de l'élément individuel et celle d'une liste. Un fait caractéristique du traitement de données est: Les éléments d'une liste sont alignés dans un ordre fixé. On peut définir un ensemble par une telle liste. La conception mathématique d'ensemble, cependant, n'inclut pas un ordre des éléments, i.e. originalement, le même ensemble peut être décrit par différentes listes. Toutes ces listes ont la même structure mais chaque arrangement des éléments représente une autre donnée. On peut maintenant définir une opération (programme).

"Comparaison de deux listes" avec le résultat "les listes consistent en les mêmes éléments". Les listes sont équivalentes aux ensembles. De cette manière, nous pouvons représenter les opérations de la théorie des ensembles par des opérations du traitement de données. Nous pouvons établir un calcul de liste auto-contenu (self-contained) correspondant au calcul ensembliste. J'ai déjà donné quelques lignes de conduite dans le Plan-Calcul. Bien qu'un ensemble n'ait normalement aucun ordre préférentiel des éléments les mathématiciens utilisent souvent le terme "ensemble ordonné". Nous pouvons considérer, par exemple, que l'ensemble des nombres naturels se trouve entre la conception "ensemble" et "groupe". La définition d'opérations avec certaines caractéristiques sur des ensembles a conduit à la Théorie des Groupes qui a prouvé être très efficace dans leurs diverses variantes. Une liste définit économiquement un ensemble et la relation d'ordre des éléments. Des listes infinies peuvent être définies récursivement comme des ensembles infinis ou par un programme générateur. En principe, il y a beaucoup de possibilités arbitraires pour représenter des nombres par des données. Une forme de base est le système binaire. Toutes les opérations avec des nombres peuvent être définies par des programmes. Le passage d'ensembles finis à infinis (à la fois pour les nombres naturels et rationnels) peut être faite encore par des définitions récursives ou programmes. Le mathématicien peut objecter que les axiomes pour des opérations numériques ne sont valables, en principe, que pour des ensembles infinis. La construction pratique des unités arithmétiques est toujours un compromis. De ce point de vue, les systèmes axiomatiques sont souvent une illusion. Ils peuvent seulement être exécutés mentalement par des passages à des données de structure infinie. Concernant les calculs arithmétiques comme traitement de données, nous avons besoin de définitions récursives pour les opérations aussi. De cette façon, le calcul du traitement de données peut être plus précis et instructif que des méthodes mathématiques traditionnelles. (...)"

La sélection naturelle avant le Big Bang: l'électron survit

Dans un article récent "Le procès du Big Bang" (in Sciences et

Avenir, avril 1993), on peut lire, au sujet de la théorie du Big Bang: "(...) Afin de sauver la théorie, Alan Guth, du Massachusetts Institute of Technology, proposa en 1980 une hypothèse supplémentaire, l'hypothèse de l'inflation. Dans ce scénario entièrement ad hoc, l'explosion primordiale aurait été précédée d'une courte période d'expansion-inflation extrêmement rapide qui aurait créé la portion d'Univers observable à partir d'un volume si minuscule que tous ses points étaient déjà à la même température."

Ce second extrait de K. Zuse (1979) est assez étonnant: il imagine ce qu'il y avait avant le Big Bang et ce, un an avant Alan Guth!

"(...) Aujourd'hui les computers sont des instruments efficaces pour les physiciens; néanmoins, aucun des physiciens n'a à l'esprit que l'univers peut être un gigantesque système de traitement de données. Les hypothèses pour une telle vue sont encore à créer. Mes propres développements dans le domaine de l'"univers computant" vont dans cette direction. J'ai eu l'occasion de simuler quelques modèles de cette sorte représentant des automates cellulaires, sur l'ordinateur de l'Université de Braunschweig avec le Professeur Vollmar. Mais les résultats ne sont pas du tout sensationnels, ils présentent un caractère davantage ludique. Néanmoins, nous espérons qu'un jour de nouvelles découvertes résulteront de ces expériences.

Je prend la liberté d'esquisser quelques perspectives osées de cette voie. Dans la perspective d'un univers digitalisé, la théorie quantique n'est qu'une étape pour maîtriser les concepts d'espaces continus, d'équations différentielles, etc. Les physiciens doivent adhérer strictement aux phénomènes et théories prouvées par des expériences. Considérant le Big Bang, ils supposent qu'en ce moment-là nos conceptions physiques modernes avec ses quantités physiques, ses particules élémentaires, etc existaient déjà. Notre connaissance d'aujourd'hui ne permet pas une autre conclusion. Mais plus tard peut-être on considérera ce point de vue aussi naïf que l'idée des scientifiques concernant le développement des espèces avant Darwin. Peut-être qu'il sera nécessaire de supposer une théorie similaire à l'évolution pour le développement de l'univers, comme en biologie. Peut-être qu'un

traitement de données compliqué dans un espace limité précéda le Big Bang dans le sens d'une énorme expansion commençant par un point distinct pour le développement. La nature fit un grand nombre d'expériences. L'électron survit. Tout cela n'est qu'imagination, mais j'espère que ces nouveaux aspects comme celui de traitement de données conduira un jour à des théories fondamentalement nouvelles."

Des systèmes auto-reproducteurs en automatisation

K. Zuse était très intéressé par les méthodes de la gestion de la production, ayant lui-même créé une entreprise, la Zuse K.G., pour la fabrication de ses ordinateurs. Il a donné deux conférences très techniques sur les réseaux de Petri (ZUSE K., Petri-Nets from the Engineer's Viewpoint, Lecture I, 14 p., Lecture II, 25 p.): il y apporte un éclairage nouveau. Rappelons que sa machine, la S 2, développée en 1942, était dédiée au contrôle de processus (K. Zuse, 1976). De plus, K. Zuse (1967) proposa des concepts révolutionnaires, toujours aujourd'hui d'ailleurs, pour une automatisation totale des systèmes de production industrielle. Ce troisième extrait de K. Zuse (1979) porte sur cette automatisation par des systèmes auto-reproducteurs.

"Le traitement de données est déjà appliqué avec succès en automatisation. Mais nous n'en sommes qu'au tout début. Il y a encore un long chemin à parcourir pour être capable de contrôler le développement d'un organisme complet débutant avec quelque sorte de cellule-germe par un programme. La nature est supérieure quant à l'information stockée dans la chaîne d'ADN. Finalement, tout cela est aussi du traitement de données.

Dans l'évolution des organismes biologiques, l'auto-réplication joue un rôle important. Dans cette direction, nos techniques et science sont seulement à leur début, aussi. Nos méthodes de production diffèrent de celle de la nature. Néanmoins, je suis convaincu qu'une étape révolutionnaire est devant nous. Les systèmes autoreproducteurs furent investigués par moi ainsi que les aspects de construction. J'avais en tête de construire un atelier qui soit capable de répliquer ses compo-

sants. Ce concept peut être conçu plus ou moins strictement. Un objectif immédiatement réalisable serait des systèmes d'auto-maintenance, sans le besoin d'une autoreproduction totale. Il est seulement nécessaire, semblablement à une économie auto-suffisante, qu'un ensemble de machine-outils soit construit de telle façon qu'il consiste en le même type de parties qui appartiennent aux objets produits par eux. Dans ce sens, le système est aussi homogène que possible. L'homme peut être inclu dans un tel système. Théoriquement, le problème d'auto-reproduction fut analysé par plusieurs mathématiciens, avec J.v. Neumann en tête. Des automates cellulaires servent de modèles. Les cellules individuelles peuvent muter (transfer) en différents états qui correspondent à des éléments de commutation élémentaires. On suppose qu'au début, toutes les cellules sont dans un état fondamental. Au moyen d'impulsions de l'extérieur, les cellules individuelles peuvent subir des mutations selon un programme, de telle façon qu'elles forment un système de traitement de données, i.e. un computer. Ce computer est capable de répliation dans son champ environnant d'automates cellulaires. De plus, il est possible de former des patterns d'un diagramme calculant qui peut contrôler par pas la construction de diagrammes plus compliqués, i.e. des computers plus efficaces.

De nouveau, ces idées sont considérées actuellement plus comme des jeux intéressants. La raison est que d'extrêmement énormes automates cellulaires devraient être nécessaires pour une application pratique. Ensemble, avec le progrès en miniaturisation, de telles méthodes peuvent devenir importantes un jour. Quelques faits amènent à de telles conclusions. Des patterns pour la fabrication des circuits de commutation miniaturisés sont déjà calculés par des computers et dessinés par des plotters automatiques. L'auto-répliation de computers est déjà une réalité jusqu'à un certain point. L'idée de l'évolution de patterns élémentaires vers des systèmes de plus en plus complexes est un des aspects les plus fascinants du traitement de données futur. Ici les mathématiciens peuvent élaborer avec leur intelligence, à partir de systèmes abstraits, des systèmes applicables en pratique."

La cellule-germe, une alternative aux faiblesses des systèmes axiomatiques

Le théorème d'incomplétude de Gödel ébranla le fondement des systèmes axiomatiques. Comme alternative, K. Zuse proposa une approche inverse qu'il appela la cellule-germe. Ce quatrième extrait de K. Zuse (1979) esquisse ses idées de cellule-germe.

"Le principe d'une cellule-germe est d'une certaine manière l'inverse de l'idée des systèmes axiomatiques pour lequel nous trouvons la différence suivante:

Un système axiomatique consiste en un ensemble d'énoncés élémentaires qui sont considérés tenir sans preuve. Par un calcul, d'autres énoncés ou les énoncés d'un domaine de la science peuvent être dérivés, e.g. la géométrie euclidienne peut être réduite aux axiomes.

Le processus de ces dérivations n'est pas intégré dans le système axiomatique mais est la compétence du mathématicien qui travaille avec. De ce point de vue, un système axiomatique a un caractère statique. Les axiomes tiennent (hold). En contraste avec cela, le processus d'évolution à partir d'une cellule-germe a un caractère dynamique. Les règles pour le développement d'un relativement petit pattern à un computer efficace, à un organisme, à une théorie mathématique, à un système de production, même à l'univers sont des caractéristiques intégrées du système. C'est le contraste entre la conception statique de la civilisation antique et notre mentalité occidentale.

Je vois un travail de grande importance dans la théorie de la cellule-germe. Ainsi le traitement de données peut se placer au même niveau scientifique que d'autres branches scientifiques. Bien plus, il peut obtenir une importance centrale et stimuler beaucoup d'autres domaines de la recherche, de la science et de la pratique. C'est ce que j'entend par émancipation du traitement de données.

Vu de cette perspective, nous réalisons que le computer et le domaine du traitement de données est encore devant nous. J'espère que ce jour ne signifie pas la fin d'une vie de travail mais le début d'une nouvelle phase de développement."

References

- Bauer, F.L. and H. Wössner (1972), The "Plankalkül" of Konrad Zuse: A Forerunner of Today's Programming Languages, copyright 1972, Association for Computing Machinery, Inc., in Communications of the ACM, July 1972, Volume 15, Number 7, pp.678-685.
- Dubois, D. (1983), La vie et les idées de l'inventeur du premier ordinateur: joies et soucis d'un pionnier de l'informatique, le docteur ingénieur E.H. Konrad Zuse, in DEMAIN, Etudes & Expansion, Liège, n°296-297 (n°ISSN: 0700-2809), pp.77-83.
- Dubois, D. (1990), Le labyrinthe de l'intelligence: de l'intelligence naturelle à l'intelligence fractale, 2ème édition, co-édition InterEditions, Paris - Academia, Louvain-la-Neuve, 331 p. D'autres extraits de publications de K. Zuse sont analysés dans ce livre.
- Dubois, D. (1993), Les idées, toujours d'actualité, de l'inventeur du premier ordinateur, le Dr. Ing. K. Zuse, in Actes du 3ème Colloque HISTOIRE DE L'INFORMATIQUE, INRIA, Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, SOPHIA ANTIPO-LIS, FRANCE, 13-15 octobre 1993.
- Knuth, D.E. (1970), Von Neumann's first computer program. Computing Surveys 2, pp.247-260.
- Toffoli, T. and N. Margolus (1987), "Cellular Automata Machines" MIT Press, Cambridge, Mass.

- Zuse, K. (1967), Über selbst reproduzierende Systeme, On self-reproducing systems, Sonderdruck aus "Elektronische Rechenanlagen" (9, Jahrgang 1967), Heft 2, Seite 57-64.
- Zuse, K. (1969), *Rechnender Raum*, Friedr. Vieweg + Sohn-Braunschweig, 70 p.
- Zuse, K. (1970), *Der Computer mein Lebenswerk*, Verlag Moderne Industrie, 221 p.
- Zuse, K. (1973), Space and the Theory of Automata, Paper delivered by Prof. Konrad Zuse on the séminaire interdisciplinaire in Venice 'La théorie de l'information' from May 28 to June 1, 1973, 14 p. This lecture was published in the Italian language: K. Zuse (1974), Spazio e Teoria degli Automi, in *Teoria dell'Informazione, Seminari interdisciplinari di Venezia*, Verlag: Società editrice il Mulino Bologna, S. 97-108, Discussion: S. 109-117.
- Zuse, K. (1976), Some Remarks on the History of Computing in Germany, Lecture at the International Research Conference on the History of Computing, University of California, Los Alamos, 10-15, 1976, 33 p.
- Zuse, K. (1976), *The Plankalkül*, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Bonn, Nr. 106, 244 p.
- Zuse, K. (1979), Emancipation of Data Processing, Speech on the Occasion of the Award of the Honorary Doctor by the University Hamburg, October 10, 1979, 10 p.
- Zuse, K. (1982), "The Computing Universe", *International Journal of Theoretical Physics*, 21, 6/7, pp. 589-600.

Zuse, K. (1993), *The Computer - My Life*, Springer-Verlag, 245 p.

Zuse, K. (1994), "Discrete Mathematics and Rechnender Raum (Computing Space) -Part 1- Cellular Structured Space (Rechnender Raum) and Physical Phenomena -Part 2-", *Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik, Berlin*, Technical Report TR 94-10.





L'ORDINATEUR: PRODUIT DE L'INSPIRATION, TRANSPIRATION ET COOPERATION

Konrad Zuse

Lors de la séance d'ouverture du 1er PANORAMA DE L'INFORMATIQUE, à Liège, 1er-6 septembre 1981, organisé par Daniel Dubois, le Professeur K. Zuse reçut la "Médaille d'Or" de l'Université de Liège, comme récompense de l'ensemble de son oeuvre.

La conférence "L'ordinateur, l'oeuvre de ma vie" faite par K. ZUSE à cette séance inaugurale du 1er PANORAMA DE L'INFORMATIQUE, au Palais des Congrès de Liège, le 1er septembre 1981, n'ayant jamais été publiée dans une revue, nous allons donc en donner le texte complet.

Le texte original rédigé par K. Zuse est en allemand et on doit à André Dubois, la traduction en français après une longue discussion avec K. Zuse sur la signification des termes techniques utilisés.

C'est ce texte en français que K. Zuse a présenté lors de cette manifestation. Il reflète bien ce qu'il pensait de l'ordinateur: le produit de l'inspiration, de la transpiration et de la coopération.

L'ORDINATEUR, L'OEUVRE DE MA VIE

"Mesdames et Messieurs,

C'est un grand plaisir pour moi d'avoir l'honneur de vous parler de mes travaux dans le domaine du développement des ordinateurs. Pour la première fois, je fais un exposé en français et j'espère le faire d'une manière suffisamment claire.

Je suis fier d'être un "outsider". Mon imagination vagabondait déjà au début des années trente, alors que j'étais jeune étudiant à

l'Ecole Supérieure Technique de Berlin-Charlottenburg. Et Berlin était une belle ville, offrant bien des agréments durant les heures de liberté que nous laissaient nos études.

J'ai toujours été attiré par les idées nouvelles, mais mon amour de la recherche n'avait pas encore trouvé la voie définitive. Cette voie, je pense qu'elle m'a été tracée par l'horreur que me causaient les innombrables calculs compliqués auxquels j'étais astreint pendant mes études d'ingénieur civil. Le projet s'est alors imposé à moi de créer des machines calculatrices qui effectueraient toutes ces opérations fastidieuses à notre place. D'étape en étape, j'en arriverais à concevoir finalement le principe d'un matériel ayant l'ampleur et les possibilités de ce que nous appelons aujourd'hui un ordinateur.

Je ne connaissais presque rien des calculatrices fabriquées à cette époque, et ce fut sans doute un bien, car cela me permit de m'engager dès le départ dans le sens de la nouveauté, c'est-à-dire le recours à des instructions programmées, au système arithmétique binaire et à ce qu'on appelle aujourd'hui l'arithmétique flottante (système semi-logarithmique à virgule flottante).

J'ignorais alors les travaux antérieurs de l'Anglais Babbage, aussi bien que les recherches en cours aux Etats-Unis et en Angleterre.

Il était impensable pour moi de trouver des appuis financiers pour réaliser des plans qui n'étaient qu'incomplètement élaborés. J'ai commencé mes premières constructions dans un modeste atelier installé dans la maison de mes parents; ceux-ci m'aidèrent dans la mesure du possible, ainsi qu'un petit groupe d'amis qui mirent à ma disposition leurs petites économies, ou travaillèrent avec moi. Ma situation était fondamentalement différentes de celle des chercheurs américains ou anglais qui bénéficiaient de moyens financiers et techniques incomparablement supérieurs.

En 1935 (mil neuf cent trente-cinq), les calculatrices étaient essentiellement mécaniques. L'électro-mécanique faisait timidement son apparition dans les machines à cartes perforées. Quand j'envisageai d'utiliser des relais pour réaliser une machine comportant à la fois un poste de calcul et un réserve de mémoire, je fus effrayé par l'idée de l'énorme place que prendraient des armoires contenant des milliers et des milliers de relais. Il fallait à tout prix en réduire le volume afin de donner à la machine des dimensions acceptables. J'y parvins en ayant

recours à une technique spécialement étudiée à cette fin: celle des interrupteurs mécaniques ou mechanical switching. En garnissant le bloc-mémoire de toute petites plaquettes métalliques, je résolus le problème volume et coût de construction. Encouragé par ce succès, j'étendis l'usage de cette technologie, moderne pour l'époque (1936), (mil neuf cent trente-six), aux divers composants de mon projet; et c'est ainsi que naquit en 1938 (mil neuf cent trente-huit) ma première machine, la Z 1 (Z un), entièrement mécanique, mais de fiabilité douteuse. Je compris que le réseau de connexions entre les différentes parties de l'engin et la complexité des manoeuvres dépassaient les possibilités d'une construction purement mécanique, et décidai d'équiper de relais électro-mécaniques mon modèle suivant: celui-ci, le Z 2 (Z deux), fut terminé en 1939 (mil neuf cent trente-neuf), mais ne constitue qu'un prototype d'essai. Le premier modèle, dont je puis dire qu'il répondait déjà de manière satisfaisante à ce que j'en attendais, et constituait en fait le premier ordinateur fonctionnel, sortit en 1941 (mil neuf cent quarante-et-un) de mon petit atelier de Berlin. Non seulement je pus le présenter à des personnes compétentes, mais il fut utilisé, notamment par les bureaux de l'Institut de Recherches Aéronautiques allemand. C'était le Z 3 (Z trois).

Déjà pour la construction du modèle mécanique, j'avais inventé une combinatoire conditionnelle qui permettait de relier les différentes parties susceptibles de ne prendre que deux positions. Ce système s'apparentait au calcul de la logique mathématique. Ces notions, aujourd'hui, nous paraissent naturelles; mais alors on était à l'aube de l'algèbre logique. Le succès du système à relais fut favorisé par l'invention des relais électro-mécaniques, qui constituaient l'accessoire idéal pour traduire les opérations fondamentales du calcul logique: la conjonction, la disjonction et la négation, par des commutations en série et en parallèle et des contacts statiques. Un de mes amis, Helmut Schreyer, travaillait justement en 1937 (mil neuf cent trente-sept) à la mise au point d'éléments électroniques. Schreyer avait des idées avancées qui s'accordaient bien aux miennes. Il étudiait notamment le moyen d'utiliser des tubes pour réaliser les circuits répondant aux lois du calcul logique qui me guidaient moi-même. Malheureusement, ces perspectives paraient sans doute trop sur le futur, et ne trouvaient guère d'écho autour de nous.

Les années de guerre ne nous facilitèrent pas la tâche, bien au contraire: je fus d'abord mobilisé, puis revins dans la vie civile grâce à l'intervention de la société de construction aéronautique où j'étais occupé comme ingénieur. Schreyer fut de son côté détourné en grande partie de ses travaux de recherche, de sorte qu'à la fin des hostilités, seul un petit prototype comportant une centaine de tubes était au point. Je regrette beaucoup de n'avoir pu continuer après la guerre une agréable et fructueuse collaboration avec Schreyer, mais ce dernier, ne prévoyant pas un redressement économique en Allemagne avant longtemps, préféra émigrer au Brésil.

A mesure que la guerre se prolongeait, les conditions de travail devenaient de plus en plus difficiles: malgré cela, et avec l'aide de l'autorité militaire, je pus construire et mettre à peu près au point un nouveau modèle, le Z 4 (Z quatre) qui était de même conception que le Z 3 mais d'une capacité nettement plus importante. Début 1945 (mil neuf cent quarante-cinq), la situation devint intenable à Berlin; mes modèles Z 1, 2 et 3, et une partie de mes plans disparurent dans les bombardements. Si je voulais sauver le Z 4, il fallait quitter Berlin pour un région moins exposée. Au terme d'une odyssee pleine de périls, quelques amis et moi-même atteignirent la Haute-Bavière; un village alpestre nous accueillit, où nous allions rester un bon bout de temps, la machine et nous.

Pour nous, Allemands, la fin de la guerre signifiait l'interruption temporaire de tout progrès technique dans le domaine naissant de l'informatique.

Petit à petit, des nouvelles nous parvenaient d'Outre-Atlantique, notamment au sujet des travaux d'Aiken, Stibitz et Eckert-Mauchly. Alors que le premier modèle électronique ENIAC faisait sensation dans la presse mondiale, rien n'était diffusé de ce qui avait été découvert chez nous, pas plus d'ailleurs que du très important appareil électronique mis au point en Angleterre sous le nom de Colossus.

J'avais repris entretemps, de manière quasi-artisanale, le perfectionnement de mon Z 4 (Z quatre). Son existence commençait malgré tout à être connu ici et là, et à capter l'intérêt des spécialistes malgré l'énorme publicité donnée prioritairement aux inventions américaines. Un avantage de ma machine était qu'elle fonctionnait.

C'est ainsi que, en 1948 (mil neuf cent quarante-huit), le Prof. Stiefel, de l'Ecole Technique Supérieure Confédérale de Zürich, vint voir ma machine et fut séduit par ses possibilités. Décision fut prise d'apporter encore quelques perfectionnements, puis d'utiliser le Z 4 à l'Ecole de Zürich. En 1950 (mil neuf cent cinquante), une démonstration eut lieu à l'E.T.H. Zürich en présence d'une centaine d'industriels et de représentants du monde scientifique. En cette année-là, le Z 4 était vraiment le seul ordinateur marchant en Europe d'une manière satisfaisante.

C'est aussi à ce moment que j'eus les moyens nécessaires pour installer une usine à Neukirchen, en Hesse: avec le concours de collaborateurs dévoués et compétents, la fabrication et la vente de matériel commencent bientôt.

Des applications de genres très différents furent à la base de nos premiers contrats: nous eûmes à répondre aussi bien aux besoins de l'industrie optique qu'à des problèmes de topographie ou à des études entreprises par des universités. Cette variété de programmes à résoudre constituait une des difficultés majeures pour une société qui débutait commercialement. De nouveaux modèles allaient être successivement conçus et fabriqués; d'abord les Z 5 (Z cinq) et Z 11 (Z onze), encore équipés de relais, et qui rendaient pas mal de services aux clients; ensuite, passant à l'électronique, le Z 22 (Z vingt-deux), à tubes, et le Z 23 (vingt-trois) à transistors. Ces machines se caractérisaient par une grande flexibilité logique et, pour cette raison, étaient appréciées par les mathématiciens.

A côté des ordinateurs, et pour répondre aux souhaits du monde de la topographie et de la géodésie, nous avons élaboré un type ultra-moderne de machine à dessiner, le Graphomat Z 64 (Z soixante-quatre), qui au départ de données calculées par ordinateur, dessinait automatiquement et de façon très précise des plans et des cartes.

Entretemps, d'autres modèles d'ordinateurs, les Z 25 (vingt-cinq) et Z 31 (trente-et-un) étaient sortis: notre matériel, qu'il fût de petite ou de moyenne dimension, était surtout apprécié par les milieux industriels et scientifiques à cause de son efficacité et de sa grande souplesse d'utilisation.

Tous ces développements avaient eu pour contre-partie une immobilisation croissante de capitaux, et les besoins financiers m'obli-

gèrent à chercher de solides associés. C'est ainsi que, progressivement, mon entreprise est passée sous le contrôle de la Siemens A.G.

Nous étions alors en 1969 (mil neuf cent soixante-neuf); j'avais consacré une large partie des vingt dernières années à la direction de l'affaire, qui avait pris le pas sur mon activité créatrice. Dois-je vous dire combien j'apprécie aujourd'hui la possibilité qui m'a été donnée de me tourner à nouveau vers la recherche?

On nous demande souvent, à nous, pionniers de l'ordinateur, si nous avons prévu dès le début le formidable essor que prendrait l'informatique, avec toutes les conséquences que cela comporte. On parle volontiers aujourd'hui de la responsabilité des savants, et l'on décrète que, dès les premiers pas effectués dans le sens d'une technologie nouvelle, ils devraient imaginer les conséquences sociales les plus lointaines de leurs inventions. Ma propre expérience me permet de dire que, en 1937 (mil neuf cent trente-sept), nous n'avons eu qu'une vague idée de ce qui se profilait à l'horizon, et, si même nous en avons eu conscience, on ne nous aurait pas cru. Notre but, à l'époque, était simplement de créer des machines automatiques capables de délivrer les ingénieurs et les chercheurs d'une contrainte insupportable et de leur faire gagner un temps précieux.

Même mes collègues de l'usine d'aviation qui m'employait, étaient sceptiques: ils considéraient mes projets avec un intérêt certain, mais se demandaient si la machine fonctionnerait réellement bien, et même dans ce cas, si elle constituerait jamais autre chose qu'un "ingénieur jouet". Au début de l'électronique, lorsqu'on évoquait la perspective de multiplier par mille la rapidité des calculs, on nous prenait pour des lunatiques.

C'est seulement au sein d'un petit cercle d'"initiés" que l'on pouvait discuter utilement, avoir un dialogue constructif, échanger des idées, imaginer par exemple qu'un ordinateur pourrait un jour jouer aux échecs.

Dans le domaine de la recherche, il existe un seuil en-deçà duquel il est impossible d'avoir une vue d'ensemble sur l'avenir. Seul le chercheur entrevoit quelque chose, et encore à court terme: il se trouve comme devant son petit enfant qui va grandir. Et quand l'invention commence à retenir l'attention de l'opinion, le petit enfant est devenu un adolescent vigoureux au caractère bien affirmé, soucieux

déjà d'échapper à la tutelle de ses parents.

Je souhaite aborder maintenant l'aspect logique du développement des computers. Comme je viens de le dire, il s'agissait au départ de résoudre les calculs numériques d'une manière mécanique. Bien des étapes devraient être franchies avant de pouvoir imaginer que le processus engagé pourrait dépasser le domaine des chiffres et mener, à l'extrême, à la création d'une intelligence artificielle avec ce que cela comporte à la fois de merveilleux et de dangereux.

Je franchis néanmoins très vite la première étape, car je compris que je devais me servir de la logique mathématique, m'inspirer du langage de Boole, utiliser la technique du Oui-Non (du Bit), et élargir la notion de "donnée" afin qu'elle ne reste pas limitée à celle de "nombre". En mettant en pratique la technique des relais pour résoudre les problèmes compliqués de connexions, je m'orientai vers ce qu'on appela plus tard l'algèbre des circuits binaires.

Pour les rendre accessibles au calcul, il fallait traduire en données les chaînes de symboles et les séquences d'instructions constituant le programme. Ce programme devait, si possible, pouvoir être adapté à n'importe quelle application ou même se modifier automatiquement à cette fin.

A ce problème était liée la conversion d'adresse des registres appelée maintenant "indexing" et que je traduis d'une manière moins ésotérique par: maniabilité du répertoire des informations stockées et des instructions mémorisées. Cette possibilité de conversion est importante notamment pour l'introduction de sous-programmes et les manœuvres de branchement (par exemple, passer d'une partie d'un programme à une autre partie, ce passage s'effectuant automatiquement par l'ordinateur en fonction du résultat de ses calculs antérieurs).

La mémorisation des programmes a constitué un grand pas en avant; elle fut réalisée en 1945 (mil neuf cent quarante-cinq) par John v. Neumann. Les conditions très difficiles dans lesquelles j'ai dû travailler pendant la guerre ne m'ont pas permis d'atteindre ce stade avant la fin des hostilités. Faute de temps et de moyens matériels, je ne pus mettre en pratique les possibilités de l'indexing et du branching.

Les blocs-mémoire n'avaient pas la capacité que j'aurais souhaitée, et, pour raison d'économie, je ne pouvais qu'utiliser des bandes perforées pour enregistrer les programmes. J'avais prévu d'équiper la machine Z 4 de plusieurs lecteurs de bandes qui auraient permis de combiner entr'eux plusieurs programmes ou de passer à volonté de l'un à l'autre; j'élaborais des plans qui, s'ils avaient pu être conduits à leur terme et réalisés, auraient permis de doter mon Z 4 d'un compilateur, c'est-à-dire d'un traducteur de programme en langage machine. Comme vous n'ignorez pas qu'en 1944 (mil neuf cent quarante-quatre) Berlin était bombardée à peu près tous les jours, vous comprendrez que ces projets n'ont pu être concrétisés à cette époque, ni pendant les premières années de l'après-guerre. La petite équipe de collaborateurs qui avait quitté Berlin avec moi en direction des Alpes bavaroises allait petit à petit se disperser. J'improvisai un petit atelier dans le village alpestre qui nous hébergeait, afin d'apporter, tant bien que mal, quelques améliorations à la machine que je venais de sauver du désastre. Après que le Z 4 eût été transféré à l'E.T.H. à Zürich en 1949 (mil neuf cent quarante-neuf), je pus encore le perfectionner avec le concours de l'équipe du Prof. Stiefel et en me servant de plans qui avaient échappé aux destructions de la guerre.

D'aucuns se plaisent aujourd'hui à souligner que les premiers ordinateurs ne répondaient pas aux notions d'indexing et de branching, maintenant choses courantes; je leur répondrai qu'ils oublient de se replacer à l'époque et dans les conditions qui ont vu naître les ordinateurs. Les progrès se réalisent par étapes, certaines étant d'ailleurs prioritaires par rapport à d'autres. Mes propres efforts ont tendu par priorité à la conception de machines aussi universelles que possible dans le sens de la logique et convenant spécialement aux applications mathématiques.

Comme je l'ai déjà dit, il n'était pas question, durant les premières années d'après-guerre, de travailler au développement du hardware. Dans le calme de la montagne, j'en profitai pour mettre de l'ordre dans mes projets et approfondir mes idées sur ce que j'appelais le plan-calcul, qui peut être considéré comme étant le premier langage algorithmique permettant de formuler avec exactitude n'importe quelle instruction, de poser n'importe quel problème à l'ordinateur.

J'ai consacré beaucoup de temps à l'élaboration de ce plan-

calcul, dont je ne crois pas surestimer la valeur et qui, aujourd'hui encore, représente l'une des conceptions qui me tiennent le plus à coeur. S'il avait pu être diffusé alors, il aurait pu avoir une importance considérable pour le développement de l'informatique. Mais, c'était matériellement impossible en Allemagne, à cette époque, où, dans ce domaine, tous les regards étaient tournés vers les Etats-Unis.

Après toutes ces évocations du passé, je désire maintenant vous parler de quelques-unes de mes idées concernant le présent.

Du côté du hardware, nous sommes passés successivement de la mécanique à l'électromécanique, puis à l'électronique, dont les progrès fantastiques nous mènent maintenant à la technique des semi-conducteurs intégrés. De ce point de vue, nous sommes en pleine évolution et devons nous attendre à des choses absolument étonnantes. Certes, l'ordinateur ne peut pas encore rivaliser, sous certains aspects, avec la prodigieuse richesse du cerveau humain. Mais il est sûr que l'ordinateur pourra résoudre automatiquement et à une rapidité étonnante des problèmes de plus en plus compliqués. Je n'évoquerai au passage que ses possibilités futures dans les domaines de la logique et de la mémoire associative.

A première vue, le matériel paraît encore coûter très cher: mais si je compare ce coût avec la valeur inestimable des résultats qu'il permet d'atteindre, si - n'ayant pas peur d'appliquer ce mot à l'ordinateur - je constate qu'il devient de plus en plus "intelligent", je crois pouvoir dire qu'il nous procure, et nous procurera de plus en plus, de l'"intelligence à bon marché".

Un autre aspect que je voudrais souligner concerne l'utilisation des ordinateurs: alors que, au début, les techniciens et les scientifiques étaient attirés par l'usage du computer, depuis dix ou vingt ans, ce sont les applications commerciales et administratives qui ont largement pris le pas sur les applications scientifiques, et représentent actuellement 80 à 90% du marché. Malgré cette évolution, je pense que les progrès futurs de l'informatique resteront essentiellement du domaine des ingénieurs et des chercheurs scientifiques, comme ce fut le cas dans le passé.

L'ordinateur prend une place grandissante dans la vie des nations. Le computer étant par essence neutre, son rôle devient considérable aussi bien dans les démocraties dites capitalistes que dans les pays dits socialistes. C'est un outil merveilleux en ces temps de planification en tous domaines. Encore faut-il l'utiliser avec prudence, car le choix des données et la manipulation des résultats, suivant qu'ils sont effectués honnêtement ou non, peuvent conduire au meilleur ou au pire. Les utilisateurs de computers doivent dès lors prendre conscience du rôle capital qu'ils vont jouer dans la vie moderne et de l'énorme responsabilité qui, de ce fait, pèsera sur leurs épaules.

L'expérience a montré plus d'une fois qu'il vaut mieux ne pas donner une trop large publicité à des idées nouvelles, lorsque celles-ci se trouvent encore à l'état d'ébauches et que vos interlocuteurs ne sont pas prêts à les accepter. Persuadé que, sur ce dernier point, ce n'est pas le cas aujourd'hui, je vais me hasarder à soulever devant vous deux ou trois de ces questions.

Je considère comme un problème actuel l'émancipation du traitement de l'information: je veux dire par là que l'informatique devrait se dégager de ces conceptions trop souvent théoriques et prendre une tournure plus pratique, sans pour cela perdre de son exactitude. L'informatique ayant été, à l'origine, l'oeuvre de mathématiciens, ces derniers ont tendance à la conserver sous leur tutelle. Et comme ils ont leur propre langage, celui-ci n'est pas toujours compris par les utilisateurs.

L'ordinateur est d'une grande utilité pour les physiciens théoriques et pratiques. Mais tous ces travaux restent conditionnés par le cadre trop étroit des théories admises, telle la théorie des quanta et les diverses conceptions qui en découlent. Le concept du quantum tend à s'opposer victorieusement au continuum, concept classique de la continuité dimensionnelle. Toutefois, la théorie des quanta ne peut s'appliquer qu'à quelques domaines bien particuliers. On travaille comme auparavant au moyen d'équations différentielles à l'intérieur d'un espace conçu comme continu, ce qui étouffe notre capacité intuitive. Nous sommes encore très éloignés d'une digitalisation véritablement logique. Depuis longtemps, je suis obsédé par l'idée de "computing universe", mais, jusqu'à présent, je n'ai pas réussi à dépasser le cadre des grandes généralités. Je pense à la digitalisation logique de tous les phéno-

mènes physiques, que l'on pourrait aussi appeler dans un autre langage la quantification totale. Ces travaux sont en liaison étroite avec l'idée d'automates cellulaires.

Je suis obligé de dire que, lorsque j'aborde cette question, même avec un pur physicien, la conversation ne va généralement pas très loin: nos points de vue sont encore trop éloignés l'un de l'autre.

Le computer joue également un rôle de plus en plus important dans la modernisation des techniques de fabrication. La machine-outil contrôlée par ordinateur en est un bel exemple. Mais nous sommes encore loin d'imaginer les performances fantastiques que nous pouvons attendre de l'ordinateur dans ce domaine. La nature possède encore une énorme avance sur nous. Chaque cellule organique prise séparément constitue une unité qui est capable de se reproduire elle-même. La découverte de ce principe d'auto-reproduction, aussi appelée auto-réplication, a constitué un pas décisif dans la connaissance de l'évolution de la vie organique. La nature se sert donc, pour se reproduire, de noyaux différents de ceux que nous utilisons pour fabriquer. Plusieurs savants se sont déjà penchés sur le problème de savoir jusqu'à quel point nous pourrions imiter la nature pour faire progresser nos techniques de fabrication. Le mathématicien John v. Neumann a tenté de résoudre le problème des "self-reproducing systems" dans le cadre des automates cellulaires, mais ses travaux n'ont pas dépassé le stade de la théorie. Pour ma part, je crois que l'on gagnerait beaucoup de temps si l'on abordait ces recherches sous l'angle de la pratique plutôt que de la théorie. L'ingénieur que je suis se demande s'il est possible de concevoir une machine-outil qui serait capable de se "reconstruire" automatiquement par elle-même. L'aspect technique de cette question a un caractère primordial: or, de ce point de vue, il ressort que les technologies de fabrication sont beaucoup trop complexes pour arriver maintenant à des résultats pratiques satisfaisants. Ce n'est que par étapes successives que nous pourrions réaliser un tel processus, et en partant d'engins très simples au début. Peut-être sera-t'il difficile de progresser dans ce sens, si, par ailleurs, on ne cherche pas à simplifier les techniques de construction. Mais mes réflexions me portent à croire que la chose est fondamentalement possible.

Evidemment, penser qu'un jour, les machines pourront s'"auto-reproduire" comme la Nature le fait d'une manière si prodigieusement

parfaite, peut sembler relever de la science-fiction. En y réfléchissant bien, ce n'est pas nécessairement le cas: dans un domaine connexe, ne fait-on pas déjà des études en vue de développer un organisme au départ d'une cellule artificielle; des mathématiciens ne font-ils pas des recherches analogues dans le cadre des automates cellulaires? Parce que l'auto-réplication des machines ne pourra sans doute se réaliser que dans un avenir lointain, faut-il renoncer à y penser systématiquement? L'expérience des dernières décennies nous montre d'ailleurs que la notion de "lointain" est très relative, et déjà bien différente de ce qu'elle représentait au siècle dernier, et même au début de ce siècle. C'est pourquoi je pense qu'il nous faut être constamment prêts à accepter et à utiliser les progrès sensationnels que les prochaines années, les prochaines décennies nous apporteront.

L'ère de l'ordinateur est devant nous, et je ne puis m'empêcher de rêver aux immenses possibilités qu'elle est susceptible d'offrir à notre Monde.

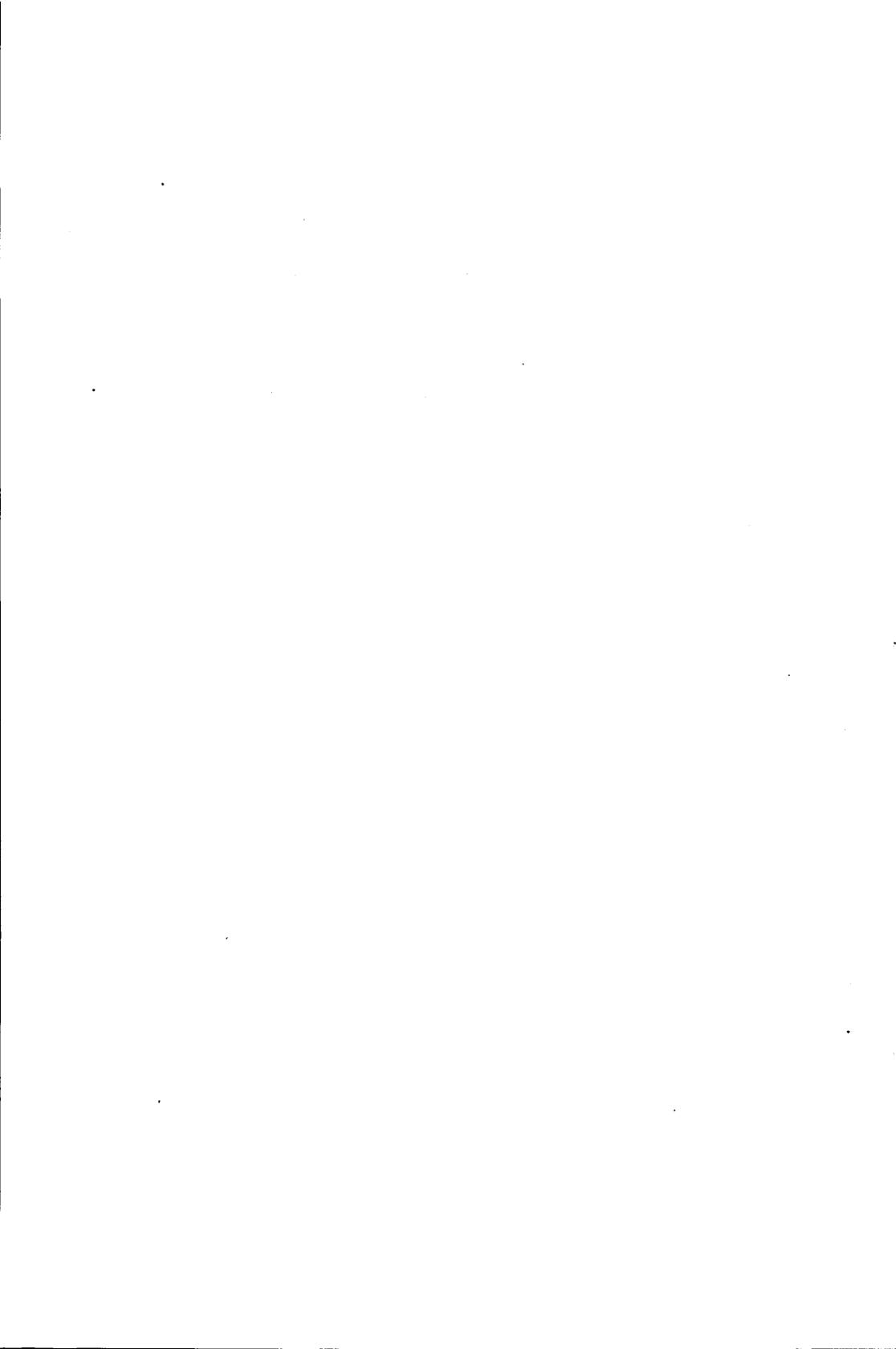
Lorsque j'avais vingt ans, vous ai-je dit en commençant cet exposé, mon imagination vagabondait volontiers. Vous pouvez constater que, cinquante années ayant passé, je n'ai pas changé à ce point de vue.

J'espère que, malgré le caractère technique de certains passages de ma conférence, j'ai réussi à me faire comprendre assez clairement, et je tiens, pour terminer, à vous remercier, Mesdames et Messieurs, de votre aimable attention."

Référence

Ce texte est extrait d'une conférence publiée in:

Dubois D. (1993), Les idées, toujours d'actualité, de l'inventeur du premier ordinateur, le Dr. Ing. K. Zuse, in Actes du 3ème Colloque HISTOIRE DE L'INFORMATIQUE, INRIA, Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, SOPHIA ANTIPO-LIS, FRANCE, 13-15 octobre 1993.



SARTON MEDAL LECTURES

LAUDATIO JOSE VAN LAERE

R. Rubens

Dr.J. VAN LAERE graduated as a doctor medicinae at the KUL in 1939. After finishing his studies he was trained by Prof. Van Gehuchten in neuropsychiatry. In 1951 Dr.Van Laere obtained his 'Aggregaat voor het hoger onderwijs', our Ph.D., with as subject the anatomy of the vestibular system.

After his university training he became an important and well-known clinical neuro-psychiatrist in the city of Courtai. His endeavours were high, he founded the Saint Joseph psychiatric hospital in Pittem. Due mainly to his interventions, labour and scientific input the institution was recognised as a front runner in modern psychiatry.

Although being very active as a clinician he never relinquished his scientific interests. Being a very respected member of the medical community he was elected to the Belgian Royal Academy of Medicine. The aeropagus of medicine recognised his abilities and in 1989 he chaired the Academy as president.

After his retirement from clinical work his interest in medical history grew. Being a very astute scholar and having an investigative mind he not only reported about the curricula of the great physicians of the past, but also got involved in the study of source material in medical philosophy.

As a faithfull inhabitant of the city of Courtai he reported about the life of the famous surgeon of Courtrai, Dr.Emiel Jan Lauwers, who was also a member of the Academy of Medicine. Furhthermore the life and works of Palfijn always puzzled him.

The acme of his interest in medical history however was concentrated upon the period of great changes during the XVIth and

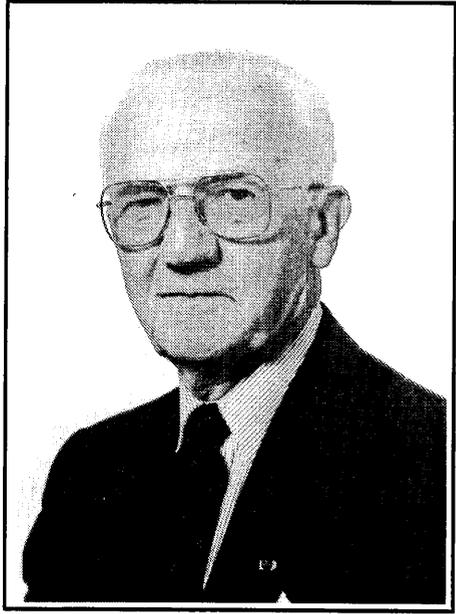
XVIIth centuries in anatomical and medical thinking.

He made a study of the evolution of cardiovascular physiology from Galenos to Harvey. In his studies he showed the important contribution of the anatomical school of Padua upon the physiological ideas and experiments of William Harvey.

During the last years he was involved in projects concerning the translation and explanation of the works of Andreas Vesalius. He not only reported about the anatomy of the nervous system, but he was one of the principal authors in the important work of the translation of the *Adrae Vesalii Anatomicarum Gabrielis Fallopii Observationum Examen* into Dutch. The increased accessibility of this important source of scientific discussion from the XVIth century obtained by the work of Dr. Van Laere together with the other members of the Academy and external experts makes available to us the methods of scientific thought during an important period of 'scientific revolution', or change of paradigm as Kühn would call it.

Remaining interested in the important sources of our medical heritage we are very glad that he has accepted the Sarton Medal from the faculty of medicine for the year 1995-96 and will talk to us about the report by the XVIIth century physician MONTANUS or Van den Berghe about the plague in Bruges.

1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900



THOMAS MONTANUS ET LA PESTE A BRUGES EN L'AN DE GRACE 1666

José Van Laere

Thomas Van den Berghe, au nom latinisé, comme il était de règle à l'époque, en "Montanus", est né à Dixmude le 7 juin 1617. Son père, prénommé Robert était médecin et fut l'auteur d'un traité de diététique intitulé "Salubris Victus Ratio". Après avoir terminé ses humanités à Bruxelles, Thomas étudia la philosophie et la médecine à l'université de Louvain. Il fut proclamé licencié en médecine en 1639, alors qu'il était âgé de 22 ans à peine. Après avoir voyagé en Italie et en Allemagne et y avoir visité plusieurs universités importantes, il s'établit d'abord à Gand, où il ne fit qu'un bref séjour, pour se fixer ensuite définitivement à Bruges, où il fut bientôt promu médecin de la ville. Il avait auparavant fait office de directeur administratif et de médecin-chef de l'hôpital royal fondé à Bergues St Winnoc à l'occasion de l'irruption des armées françaises dans nos provinces qui se trouvaient sous domination espagnole. Il eut là l'occasion de soigner quelques cas de peste et d'acquérir en ce domaine une expérience qui lui serait hautement profitable lorsqu'il serait amené à combattre ce fléau à Bruges en 1666. Il fut en 1662 le promoteur du collège des médecins brugeois et devint en 1665 le premier président de l'association médicale St Luc dont l'activité se perpétua sans interruption jusqu'en 1815, date à laquelle elle fusionna avec la société chirurgicale des Saints Côme et Damien. Thomas Montanus participa aux activités de l'école d'anatomie de Bruges et fut chargé de l'enregistrement et du contrôle des capacités professionnelles des sages-femmes brugeoises. Il mourut à Bruges le 8 avril 1685.

Son oeuvre principale parut à Bruges en 1669 sous le titre "Qualitas Loimodea sive Pestis Brugana anni MDCLXVI".

Afin de se faire une idée exacte de l'importance de ce traité, il

importe de comparer, fût-ce à grands traits, les notions du 17^e siècle en la matière à nos connaissances actuelles.

Ce n'est qu'en 1925 que le cycle pathogénique de la peste fut entièrement élucidé. Le chercheur suisse Yersin identifia en 1894 le germe causal de la maladie, un coccobacille qui porte son nom et appartient au groupe des pasteurellas. Il put également établir que la même bactérie provoque la maladie chez le rat. A un certain Simond revient le mérite d'avoir reconnu que la puce est l'agent qui transmet le germe du rat à l'homme. La période d'incubation varie de deux à trois jours. Les symptômes de la maladie sont dus à des substances vénéneuses ou toxines sécrétées par les bacilles. Au point de vue symptomatique on distingue la forme septicémique, la forme pneumonique et la forme bubonique. La forme septicémique peut s'installer d'emblée ou se développer comme complication de la forme bubonique ou pneumonique; son évolution est rapidement fatale et s'accompagne parfois d'épanchements sanguins diffusément répartis sous la peau et les muqueuses et qui justifient l'épithète de "peste noire". Dans la forme pneumonique, transmise par les germes contenus dans la salive, ce sont les troubles respiratoires qui sont à l'avant-plan du tableau symptomatique. La forme bubonique se caractérise par la tuméfaction des masses ganglionnaires, le plus souvent dans les aines et les aisselles. Le diagnostic de l'affection est aisé en cas d'épidémie; les cas sporadiques se reconnaissent à la présence du bacille de Yersin dans les bubons, le sang ou la salive. Le pronostic est fatal dans la quasi totalité des cas de peste pneumonique et septicémique. Il est un peu moins terrible dans la forme bubonique, surtout lorsque les bubons mûrissent rapidement et viennent à se rompre précocément; en pareil cas la mortalité oscille de 40 à 60 %. Le traitement repose sur l'emploi d'antibiotiques (cyclines).

Quoique les notions approfondies concernant la peste ne soient vieilles que de cent ans à peine, cette affection est connue depuis la plus haute antiquité comme un des pires fléaux qui aient jamais frappé l'humanité. Il faut remarquer toutefois que les anciens qualifiaient uniformément de peste des affections contagieuses de natures très diverses. A preuve la fameuse peste d'Athènes qui, d'après certaines

recherches récentes, aurait été en fait une leptospirose. Il ne fait cependant pas de doute que la fameuse peste noire qui frappa notre continent au 14^e siècle méritait bien son nom. Elle eut son point de départ en 1347 à Caffa, sur les rives de la Mer Noire, où elle frappa les habitants d'un comptoir génois assailli par les Tartares, dans les rangs desquels la peste s'était déclarée. En l'espace de quelques cinq années la maladie réduisit de moitié la population européenne estimée aux environs de 25 à 30 millions d'individus. Elle justifie à elle seule le nom de siècle de malheur dont l'histoire a stigmatisé cette époque. L'on peut dire, sans crainte d'exagération, que la peste de Caffa a précipité la fin du moyen-âge dans une atmosphère d'apocalypse. Elle ne rétrocéda qu'à l'aube du siècle suivant. Depuis lors la bête immonde, comme l'ont appelée divers auteurs, a bien des fois relevé la tête mais les épidémies n'ont plus jamais présenté la même violence. Pas plus tard qu'en 1920 on constata à Paris un petit foyer heureusement rapidement maîtrisé et nous avons tous présents à l'esprit les cas qui se sont déclarés en Inde en 1994. L'importance de la peste de 1666 à Bruges se justifie par le fait qu'elle frappa quelques 250 foyers, entraînant la mort de la grosse majorité de leurs habitants.

Le travail de Thomas Montanus peut être considéré comme une oeuvre de référence, véritable somme des connaissances, à l'époque de l'auteur, en matière de peste. Il est divisé en quatre livres. Le premier traite successivement de l'essence de la peste, de ses formes, origines, présages, signes pronostiques favorables et défavorables ainsi que des tumeurs de nature pesteuse. Le second livre a trait essentiellement à la prophylaxie de l'affection. Le troisième livre se rapporte à son traitement. Le quatrième et dernier livre est consacré aux bubons, anthraxs et exanthèmes; il est précédé de considérations diététiques et suivi d'un exposé sur l'entretien des locaux d'habitation et sur le diagnostic post mortem.

Il appert de la lecture de ces quatre livres que les notions de nos prédécesseurs du 17^e siècle en matière de peste ne se sont guère modifiées depuis l'époque médiévale. On y trouve, à côté d'éléments positifs, que ne saurait désavouer la médecine actuelle, un méli-mélo hétérogène de développements scolastiques issus de la théorie hippo-

cratico-galénique, entrelardé de données diverses nées d'une vision à la fois superstitieuse, cosmogénique et alchimiste du monde.

La description de la peste bubonique compliquée de septicémie, telle qu'elle apparaît au septième chapitre du premier livre, témoigne de la finesse de l'esprit d'observation de notre auteur brugeois : "Lorsque le venin pesteux attaque le coeur... l'individu devient paresseux, las, somnolent, oppressé et épuisé. La langue est sèche et saburrale. Au cours de l'évolution du mal le patient se met à tituber. Il perd l'appétit... et devient nauséeux. La masse sanguine s'échauffe... La fièvre apparaît, suivie d'angoisse, d'inquiétude, de lipothymies, de syncopes, de céphalées. Une transpiration abondante et malodorante se généralise à tout l'organisme. Il n'est pas rare que le patient se mette à déraisonner, à tomber dans un sommeil lourd ou à délirer. La peau est parsemée de taches pareilles à celles que provoquent les piqûres de puces ou même parfois plus grandes... de couleur parfois brune, foncée, parfois noire. En même temps apparaissent des tuméfactions dans le cou, les aisselles et les aines. Certains malades s'écroulent et passent de vie à trépas sans aucun signe prémonitoire. Plus la maladie se développe et empire... plus le pouls des patients devient irrégulier, faible, pratiquement imperceptible. L'urine ... s'épaissit et prend une teinte rouge-jaune".

Quoique le rat ne soit jamais cité nommément comme agent vecteur de la peste, l'auteur mentionne "que non seulement l'homme mais certains animaux peuvent être frappés par la peste".

Nous appelons toxines ce que Montanus désigne sous le vocable de venin pesteux. Il distingue la pestilence (terme par lequel il entend vraisemblablement la constitution, la prédisposition à la maladie) et la peste au sens strict du mot, qui se distingue par la présence du poison infectieux.

Bien que la peste pneumonique ne soit décrite, ni même mentionnée, nulle part, Montanus fait probablement allusion à une infection par la salive lorsqu'il écrit : "C'est pourquoi je ne qualifie une maladie ou une fièvre quelconque de pesteuse ou épidémique que si

elle se propage par quelque inexplicable émanation pesteuse et contagieuse ou épidémique qui peut se transmettre d'un organisme à l'autre". Plus loin, il affirme clairement que la peau et les organes respiratoires peuvent servir de porte d'entrée à l'infection : "Alors même que cette propriété infectieuse se fraie un chemin vers les esprits vitaux au travers des pores de l'organisme ou par la voie de la respiration, elle s'attaque clairement à l'harmonie du coeur". Enfin, au chapitre des moyens sudorifiques, il écrit "qu'il est évident que la peste provoquée par l'inspiration nécessite et tolère un traitement différent de celle qui est la conséquence d'une putréfaction interne ou d'un pourrissement substantiel des humeurs internes".

C'est avec raison que Montanus déclare "que la peste est plus nocive en hiver qu'en été". Nous savons en effet que les formes pneumonique et septicémiques prédominent au cours de la saison froide. Il est également exact que "l'apparition précoce des bubons fait présager une évolution plus favorable et de durée plus brève".

L'on peut se demander si Montanus soupçonnait déjà en quelque sorte l'existence d'une résistance immunitaire lorsqu'il prétendait "que ceux qui sont atteints de la peste et réchappent à la mort ne sont pas facilement infectés au cours de la même année, s'il faut en croire certains auteurs".

Notre héros souligne l'intérêt de la prophylaxie au premier chapitre du second livre : "La prévention l'emporte en importance sur la guérison de même que la santé sur la maladie car il est scientifiquement plus important de prévoir et de prévenir l'affection que de la guérir".

Montanus fait preuve d'un grand bon sens lorsqu'il insiste sur l'importance d'un nettoyage fréquent des égouts et des canaux, des marchés aux poissons et aux légumes et celle de l'enlèvement des déchets de boucherie, de l'entretien des places publiques et des toilettes, de l'enfouissement des dépouilles humaines et des cadavres d'animaux, etc..

Il garde le juste milieu lorsqu'il prône la sobriété dans l'absorption de nourriture et de boisson, l'alternance de sommeil et de veille, la modération dans les exercices physiques et l'activité sexuelle car, dit-il, "la pratique sexuelle fréquente est épuisante pour les forces de l'homme".

Il a parfaitement raison lorsqu'il proclame "que le feu purifie l'air, disperse les miasmes et chasse le venin". Il conseille l'usage de diverses espèces de bois, d'herbes médicinales, de lessive, de sel, de poudre de pyrite et de chaux vive. Plus loin, à la fin du quatrième livre, lorsqu'il est question du nettoyage des maisons et de l'équipement ménager, il affirme à juste titre "que tout ce qui supporte le feu est ce qu'il y a de mieux pour purifier l'air ... et disperser... la semence vénéneuse".

Montanus recommande au lecteur "de ne donner asile ni aux humains ni aux marchandises provenant de régions infectées. Les personnes infectées doivent porter un signe distinctif". Il en va de même pour les personnes soignantes qui auront comme marque spécifique "un bâton rouge, long de quatre ou, mieux encore, de sept pieds". C'est ce qui valait aux médecins qui soignaient les pestiférés le surnom de "maîtres rouges".

Au dixième chapitre du second livre Montanus enseigne comment purifier l'air souillé. Il insiste sur le fait qu'il importe d'empêcher les eaux stagnantes d'irradier des vapeurs putrides et d'enterrer les cadavres suffisamment profondément et à distance des églises. Lors de la discussion de ce dernier point il est peut-être fait allusion à ce qui devait devenir, quatre siècles plus tard, la théorie microbienne : "Les souillures qui émanent des cadavres ne se contentent pas d'infecter l'atmosphère mais provoquent une pourriture d'où peuvent naître plusieurs générations d'insectes susceptibles de véhiculer le venin pesteux (ce qui explique pourquoi certains auteurs attribuent la peste à de minuscules animaux) et d'infecter la terre et les eaux, ce qui propage inévitablement la peste". Pareil langage évoque irrésistiblement les "seminaria" ou substances séminales qu'un siècle avant Montanus l'italien Fracastor (1483-1533) incriminait comme agent

causal de la syphilis.

Au chapitre du traitement de la peste, Montanus rompt une lance au profit d'une médication individuellement personnalisée dès lors qu'il attaque les médecins qui prescrivent des médicaments violents à doses élevées "sans tenir compte des habitudes, du tempérament, de la constitution ni de l'âge". Un peu plus loin, notre auteur formule de louables considérations à propos du danger de la routine, de l'esprit grégaire et du misonéisme qui animent trop de médecins : "Ils traitent tous les cas de la même manière. Ceux qui ont quelques connaissances n'osent prescrire à leurs patients une médication inhabituelle de peur de heurter l'opinion publique et de se faire mal noter par elle et les médecins ignares prennent bien garde de s'écarter des sentiers battus car ils ignorent le doute".

L'importance des vaisseaux et des ganglions lymphatiques dans la genèse des bubons apparaît vraisemblablement là où Montanus écrit que le venin pesteux est diffusé dans tout l'organisme "non pas nécessairement par les veines ou les artères... mais encore... au travers des pores et de canaux que l'on ignorait antérieurement et qui ont été découverts par Bilsius, le premier des anatomistes belges, sinon européens". Je n'ai trouvé nulle trace de ce nommé Bilsius mais il me paraît probable que les canaux dont il vient d'être question appartiennent au système lymphatique qui fut d'ailleurs décrit par des contemporains de Montanus, tels qu'Aselli (1581-1626) et Pecquet (1622-1674).

Les exanthèmes pesteux font l'objet du deuxième chapitre du quatrième livre. Ils consistent en taches cutanéomuqueuses de dimensions restreintes, arrondies, sans tuméfaction ni démangeaison ni douleur ni inflammation ni suppuration. Ces taches sont de coloration foncée et "sont l'expression de l'infection du sang par le venin pesteux". Montanus nous donne ainsi une bonne description de la peste dite noire ou forme septicémique avec diffusion de foyers hémorragiques sous la peau et les muqueuses.

Il souligne également à juste titre le danger des exanthèmes car,

dit-il, "il en est qui, lors de l'apparition des exanthèmes, perdent tout espoir et abandonnent les malades".

Jusqu'à présent nous avons mis l'accent sur les points de l'exposé de Montanus que nous appelons positifs parcequ'ils sont en accord avec les données actuelles des sciences médicales. Il importe maintenant de considérer le revers de la médaille.

Aux yeux de notre auteur l'essence de la peste demeure mystérieuse et est de nature probablement astrale ou divine. Il ressort de l'étude du texte de Thomas Montanus que ce dernier croyait à la génération spontanée ou abiogénèse, au même titre d'ailleurs que tous ses contemporains. En fait cette théorie fit florès jusqu'en plein 19e siècle et il fallut le génie d'un Louis Pasteur pour en démontrer définitivement l'inanité sur la base d'expériences demeurées célèbres par leur géniale simplicité. Montanus affirme que la peste "puise son origine vénéneuse et contagieuse dans une pūtréfaction spéciale. Puisque de nouveaux poisons et des êtres vivants nouveaux naissent quotidiennement de la matière putride, ceci n'implique-t-il pas qu'un poison contagieux puisse être exhalé par une putréfaction particulière ?". Et, plus loin, (chapitre troisième du deuxième livre) : "de la putréfaction de l'air naissent d'innombrables mouches, puces, papillons, araignées, sauterelles et toutes sortes d'insectes et d'animalcules repoussants".

Montanus distingue les fièvres pesteuses de la peste proprement dite sans toutefois citer clairement les critères permettant de distinguer ces deux entités morbides.

Il déclare, suivant Nicepharus et Evagrius "que certains patients ont contracté la peste rien qu'en regardant des personnes ou des habitations infectées. D'où le nom de peste dite basilique, ainsi nommée parce-qu'elle peut empoisonner l'homme au même titre que le basilic est capable de tuer un individu rien qu'en le fixant du regard".

Montanus accorde une grande importance aux symptômes prémonitoires de la peste qui nous sont accordés par la Bonté Divine

pour nous permettre de nous préparer au fléau et de nous amender. "Les comètes apparues dans le ciel le 15 décembre 1664, au début de janvier 1665 et... et le 15 avril de la même année n'ont-elles pas été annonciatrices de peste et de guerre et ne nous ont-elles pas incités à la contrition ? En vérité, les comètes, les torches enflammées, les glaives, les dragons crachant le feu, les étincelles, les cadavres poussés par les nuées, les bruits terrifiants, les lamentations et les cantilènes s'élevant des cimetières et les pluies de sang sont autant de présages de la peste que nous envoie la Miséricorde Divine". Il en va de même des perturbations de l'orbite des corps célestes, des changements brutaux des conditions climatiques, de l'accumulation d'animaux repoussants (crapauds, araignées), des aboiements bruyants et des lugubres ululements.

Il n'était évidemment pas question d'examen de laboratoire au 17^e siècle. Dès lors, les méthodes utilisées par Montanus pour établir un pronostic en cas de peste méritent d'être mentionnées ici et portent à réflexion ! On jette un peu de lait de nourrice dans l'urine de pestiféré : "si le lait se dépose immédiatement au fond du récipient, le pronostic est fatal endéans six à sept jours; si le dépôt s'effectue lentement, le patient guérit". Montanus relate également, quoiqu'avec prudence, certaines pratiques bizarres, sans communiquer son avis personnel en la matière." Certains enduisent leurs semelles de lard rance; si ce lard vient à être léché par un animal domestique quelconque, ils sont convaincus d'être immunisés contre la peste... D'autres... mettent un saphir d'un bleu limpide... pendant un quart d'heure au contact avec la partie douloureuse ... si la zone de contact pâlit en moins d'une heure, l'individu échappe à la peste ".

Lorsque Montanus traite des médicaments à usage interne il ne se contente pas de mentionner les nombreuses herbes médicinales ou simples et, suivant en cela le célèbre Paracelse, qu'il cite à diverses reprises, certaines substances chimiques mais il témoigne également d'une foi aveugle dans l'activité de prétendues panacées telles que la thériaque (remède miracle constitué d'une cinquantaine d'ingrédients d'origine minérale, végétale et animale dont seuls les dérivés opiacés sont doués de quelque valeur thérapeutique) et le bézoard (pierre calcaire qui se dépose à la partie déclive de l'estomac de certains

animaux).

Au huitième chapitre du second livre Montanus s'affiche comme un partisan décidé et un défenseur convaincu de l'usage des amulettes. " Les amulettes ou talismans sont des remèdes externes ou internes qui n'ont aucune propriété médicamenteuse mais dont on dit qu'ils sont actifs en vertu d'une propriété miraculeuse et incompréhensible. J'ai connu de nombreux individus qui demeuraient impavides dans des conditions indubitablement périlleuses grâce à la présence d'amulettes qui leur ont permis d'échapper à la maladie". Ainsi donc, Montanus souscrit en toute naïveté à une attitude mentale généralisée à l'époque et qui a d'ailleurs laissé des traces dans l'opinion de maint contemporain. Par moments cependant le bon sens se rebelle, fût-ce brièvement, chez notre auteur brugeois lorsqu'il écrit : "Est-ce leur confiance ou la présence même de l'amulette qui les a sauvés ? Je n'oserais prendre parti pour l'une de ces hypothèses". Suit alors la description de toute une série d'amulettes, substances chimiques (arsenic, mercure), plantes (racines diverses), pierres semi-précieuses (agate, crapaudine, saphir).

D'après Montanus les antidotes sont des substances qui ne sont pas des contrepoisons spécifiques s'attaquant au venin pesteux mais qui sont néanmoins fort utiles parcequ'elles soutiennent le coeur, égaient l'humeur et stimulent les esprits vitaux. La première place parmi ces antidotes revient à la corne de rhinocéros (fort estimée actuellement en Orient comme aphrodisiaque) suivie de la licorne, du bézoard, de la ramure de cerf, de l'os cardiaque et des larmes de ce dernier animal, du corail, d'un grand nombre de pierres et de gemmes et d'une quantité d'herbes et de corps chimiques. Le passage suivant démontre que nos ancêtres ne reculaient devant aucune médication, si dégoûtante fût-elle, lorsqu'il s'agissait de combattre la peste. "On raconte que tel qui soignait les pestiférés n'était jamais infecté parcequ'il buvait de l'urine"

Le quatorzième chapitre traite de la rétention et de l'excrétion. Nous y trouvons l'affirmation suivante qu'il me paraît difficile d'approuver, voir même de comprendre. "Celui qui est porteur d'abcès ouverts veillera à ce qu'ils ne se referment point... et ceux qui n'en

présentent pas... permettront qu'on en provoque car il n'est guère de meilleur moyen de prévenir la peste... Les vésicatoires ne sont pas à dédaigner... parcequ'ils contribuent à éliminer les humeurs... putrides".

Le dernier chapitre du deuxième livre décrit la manière dont le médecin peut se protéger quand il soigne les pestiférés. Il comporte diverse prescriptions de fumigations. C'est ce qui explique que la tenue vestimentaire extravagante censée protéger les médecins de la peste au moyen-âge — avec le masque en forme de bec, rempli d'aromates — était encore de mise au 17e siècle. Montanus croyait également que le camphre et le tabac avaient une action protectrice.

Les saignées, clystères et purges sont des traitements en honneur chez Montanus autant que chez Molière. Notre héros spécifie cependant que la saignée est surtout indiquée en cas de pléthore et qu'en l'absence de cette dernière il y a lieu de recourir de préférence aux sangsues, aux scarifications et aux vésicatoires, la ponction veineuse n'ayant pour but que de favoriser l'influence bénéfique du contrepoison, seul capable de combattre le venin pesteux, en supprimant l'obstacle que constitue la pléthore sanguine. La confiance de Montanus dans la saignée est prouvée par le fait qu'il eut recours à cette méthode de traitement quand il fut lui-même atteint par l'infection. Il nous raconte dans son troisième livre : "Je prescrivis, lorsque je fus moi-même atteint de la peste, de m'inciser la veine à deux reprises en 24 heures et de laisser écouler à chaque fois six onces de sang. Je pus, dès lors, faire entailler le bubon au sixième jour et me rendre à l'église en excellent état pour rendre grâce à Dieu".

Les remarques faites plus haut au sujet des antidotes s'appliquent également aux chapitres où Montanus traite des contrepoisons spécifiques ou soi-disant produits alexipharmaceutiques. Il suffira de citer ici la foi pour le moins incompréhensible, pour ne pas dire révoltante, que Montanus avait dans la force curative "d'une bonne gorgée de vieille urine d'un homme sain" et du sang menstruel "qui, partageant les vertus du bézoard, est actif contre la peste "après avoir été séché et calciné pour en faire un sel".

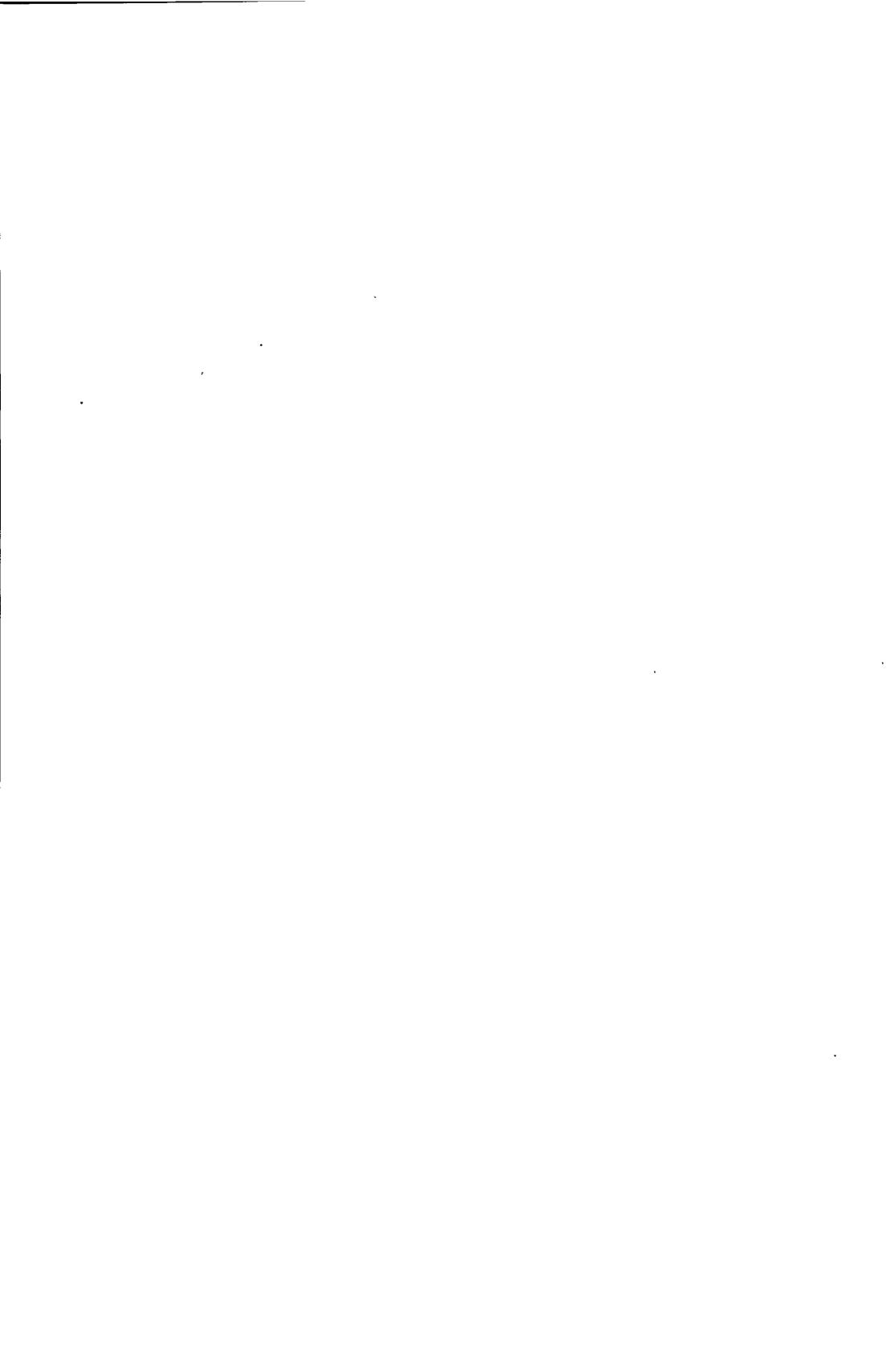
D'après Montanus, Paracelse affirme dans son premier traité que la grenouille, le crapaud, l'anguille, la murène, le moineau, le coq, le paon, la corneille et le corbeau attirent et expulsent le venin pesteux du corps humain.

Montanus défend dans son quatrième livre, une théorie assez curieuse à propos de la localisation des bubons : "Le bubon se forme dans le cou si le cerveau est atteint, dans l'aisselle si l'infection frappe le coeur et dans l'aîne en cas de lésion hépatique."

Arrêtons-nous, pour terminer, au chapitre du traitement des bubons pesteux pour souligner la confiance que mettaient Montanus et van Helmont — qu'il cite à cette occasion — dans la valeur thérapeutique de l'application d'animaux vivants ou morts sur le bubon, à des fins vésicatoires. Se référant à Paracelse et à van Helmont, notre auteur brugeois écrit : "Des crapauds desséchés, à la tête percée, déposés sur les bubons... aspirent le venin avec une telle force... qu'ils se gonflent au point d'être prêts à éclater". Et, plus loin : "Pose, en toute confiance, l'anus déplumé — préalablement enduit de sel pour le faire béer et davantage ressortir — d'une grande poule pondeuse sur le bubon incisé de nombreuses scarifications, jusqu'à ce que l'animal meurre; tiens-lui le bec bien fermé pendant un certain temps pour attirer le venin avec intensité et emploie autant de volatiles que tu le jugeras nécessaire". La chaleur animale de ces volailles assure un réchauffement et une relaxation de la partie atteinte, une émission de venin et le rétablissement des forces ainsi qu'un allègement de la douleur. Les déjections putrides d'un pigeon, l'huile d'araignée, les grenouilles vertes vivantes, les huîtres fraîches agissent de la même manière. L'on peut utiliser dans le même but l'émeraude et le saphir, aux dires de van Helmont, ainsi que la grenade et l'ambre rouge en applications externes sur les tempes, les poignets, les chevilles et la moitié gauche de la poitrine.

Pour conclure, on peut affirmer que Thomas Montanus a bien mérité l'hommage reconnaissant de la postérité pour le dévouement avec lequel il est venu en aide à ses contemporains dans des circonstances particulièrement pénibles et pour l'ouvrage exhaustif qu'il nous

a légué, véritable somme des connaissances du 17^e siècle en matière de peste. Il est vrai que le travail de notre auteur brugeois prouve qu'en dépit de tous les progrès accumulés par la Renaissance en matière d'anatomie, la médecine de Montanus était aussi inefficace que celle d'Hippocrate et de Galien et qu'il faudra attendre la naissance, au 19^e siècle, de la médecine expérimentale, que nous devons au génie d'un François Magendie et surtout d'un Claude Bernard, pour sortir la médecine de son impuissance millénaire. But that's another story !



LAUDATIO MARK LEONARD DE GIER SOLMS

Julien Quackelbeen

En ce jour de commémoration où nous honorons la mémoire de George Sarton, c'est pour nous un immense plaisir de pouvoir prononcer l'éloge de Mark Léonard De Gier Solms, puisque sa contribution remarquable à l'histoire des sciences, à celle de la psychanalyse en particulier, lui vaut de recevoir tantôt la médaille Sarton.

Permettez-moi, Mesdames et Messieurs, d'esquisser brièvement le contexte où situer l'apport original de Mark Solms à l'édifice scientifique.

Voilà plus de cent ans que Sigmund Freud a fait surgir la coupure épistémologique par quoi la neuropathologie et la psychopathologie se déploient désormais en des champs distincts. C'est à partir de cette coupure que Freud a pu travailler à faire de la psychanalyse une discipline scientifique autonome, la nantissant d'un objet spécifique.

La psychanalyse devait s'émanciper des limites que le champ de la neurologie, dont la portée explicative restait trop limitée à ce moment, opposait à son investigation. Il n'arriva cependant pas que Freud ait perdu dès lors tout intérêt pour la neurologie en tant que telle, remise pour lui à être une discipline parmi les autres, plutôt, qu'étant l'un des plus éminents neurologues de son temps et à même d'évaluer la portée épistémologique exacte de la neurologie, il conserva l'espoir de ce que les lois découvertes par lui comme régissant la psyché se trouveraient un jour vérifiées par un état plus avancé des sciences du système nerveux.

C'est, entre autres, sur ce plan, celui donc de la vérification neuropathologique de la métapsychologie freudienne, que Mark Solms situe son travail de recherche. On pourra se faire une idée de l'importance de ce travail en se rapportant à la communication faite par lui dans

le *Psychoanalytic Quarterly* sous le titre de "New findings on the neurological organisation of dreaming: implications for psychoanalysis".¹

Une telle vérification suppose naturellement une connaissance et expérience solide sur plusieurs terrains à la fois: pour commencer, sur le terrain des sciences neurologiques actuelles, notamment sur celui de la recherche psychopathologique moderne; ensuite sur celui de la métapsychologie freudienne; enfin, sur celui des annales de l'émergence métapsychologique en tant que telle.

Le parcours suivi par Mark Solms nous fait comprendre ce qui l'a conduit à la croisée des champs d'où pousse son savoir.

Il commence par faire ses études de maîtrise - il étudie la psychologie appliquée et l'histoire de l'art - à l'Université de Witwatersrand. Plus tard, il y termine son doctorat de neuropsychologie. Son directeur de thèse fut le Professeur Michael Saling.

Son expérience clinique, il l'acquiert en travaillant au Baragwaneth Hospital à Soweto, le plus grand "asile de misère humaine" de l'hémisphère Sud, ainsi que dans les départements neurologiques et neurochirurgicaux du Johannesburg Hospital. Pourtant, c'est à l'Edenvale Hospital où sa femme et lui travaillent et se familiarisent avec la réhabilitation de patients souffrant de troubles neuropathologiques, que se confirme l'intérêt qu'il portera désormais à l'interaction entre psyché et soma, entre le psychique et le neurologique. C'est pendant la période où il travaille dans ce dernier hôpital que, désirant parvenir à une meilleure compréhension de l'évolution que présentent ses patients, il s'essaiera au maniement des concepts et méthodes analytiques.

Il doit cependant sa première rencontre avec la psychanalyse à son directeur d'étude, le Professeur Michael Saling qui a attiré son attention sur les écrits du jeune Freud - notamment le *Projet d'une psychologie scientifique* et le texte *Sur l'aphasie*. C'est donc sa rencontre avec le jeune Freud qui le décide à se former analytiquement, convaincu qu'il est de l'importance actuelle de ces écrits. Il entreprendra d'abord de se former théoriquement et étudiera l'oeuvre du fondateur de la psychanaly-

se. Il amorce ce tournant d'abord par l'étude théorique, pour prendre ensuite goût à la thérapie à Johannesburg et finit par faire une psychanalyse personnelle à Londres.

Ce parcours spécifique a conduit Marc Solms à donner forme à ce qu'il considère lui-même comme sa contribution scientifique la plus importante: la publication en quatre volumes d'une traduction annotée de ce que l'on désigne comme les écrits pré-analytiques de Freud, et dont la parution est prévue pour 1998.²

C'est ce travail de Titan, dont ont déjà été publiés plusieurs facettes importantes, qui nous a incité à faire pressentir Mark Solms pour la distinction que représente la médaille Sarton. A propos d'incitation et pour dire le vrai, c'est le travail de mon assistant, Filip Geerardyn, qui m'a mis sur la voie de ce qui, à Londres, se préparait autour des écrits pré-analytiques de Freud.³ Pour qui est quelque peu familier de cette longue phase de gestation et d'émergence que les historiens des sciences ont eu tendance à négliger, l'importance et la solidité de cette contribution apparaîtront évidente, aussi bien pour les analystes que pour les tenants des neurosciences.

Plusieurs publications de Mark Solms témoignent de la justesse de sa contribution. Nous citerons le livre dont il est, avec Michael Saling l'auteur: *A Moment of Transition, Two Neuroscientific Articles by Sigmund Freud* (1990); de même qu'une série d'articles parus dans *l'International Review of Psycho-Analysis* et *l'International Journal of Psycho-Analysis* lesquels ont permis de rendre accessibles au grand public plusieurs écrits du jeune Freud. De ces textes dits pré-analytiques, Mark Solms a montré indiscutablement l'intérêt épistémologique, scientifique et historico-scientifique, que ce soit pour la psychanalyse elle-même ou pour les sciences neurologiques actuelles.⁴

Cette publication des *Complete Neuroscientific Works of Sigmund Freud* ne sert pas seulement une approche strictement historiographique du champ psychanalytique et neurologique, elle ouvre également une large perspective d'avenir pour les échanges interdisciplinaires entre ces deux champs.

Le travail de Mark Solms s'est déjà orienté dans ce sens. Citons quelques entreprises de son très riche curriculum: les conférences, par exemple, sur "La représentation neurologique du modèle structural" qu'il a tenu avec sa femme dans le cadre des activités du *Psychoanalysis and Neuroscience Research Group of the New York Psychoanalytic Institute*, ou bien, encore, les conférences tenues dans le cadre du *Center for Psychoanalytic Training and Research* de la *Columbia University* sur le thème des "Préliminaires à l'intégration de la Psychanalyse et des disciplines neurologiques", ou encore sa communication à l'*Anna Freud Center* de Londres sur "l'Organisation neuropsychologique des rêves".

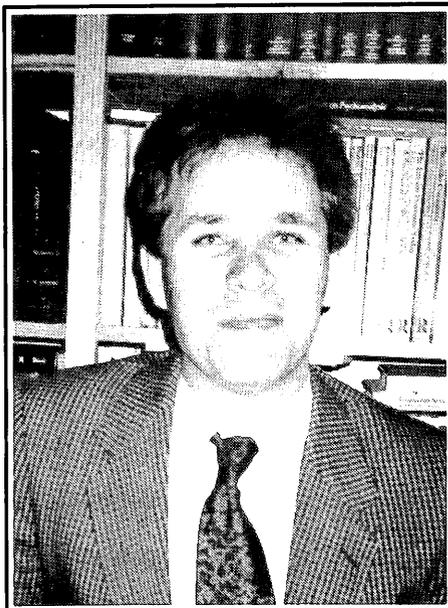
On ne peut douter de ce que l'intersection du champ psychanalytique et du champ neurologique ne modifie le sens de la recherche scientifique proprement dite, comme l'on peut être assuré de ce que cette même intersection des champs déplacera la question du statut scientifique de la psychanalyse à un niveau de débat plus conforme - qu'il n'est trop souvent coutume - aux exigences scientifiques. Tout est possible pour autant que l'on reconnaisse dans le sens de l'histoire et de la recherche historique le mode invariable par quoi l'on accède à l'étude des textes et contextes originaux. Cela, sans que ne soient pour autant négligés ce qui, entre-temps, se propose de nouveau dans l'ensemble du mouvement psychanalytique.

C'est à partir d'un tel point de vue, et assuré du dévouement à la cause analytique qui est le sien, que Marc Solms est parvenu à gagner les appuis nécessaires à un projet aussi digne d'intérêt. Digne d'intérêt pour ce qu'en toute conscience Mark Solms reconnaît dans l'évolution constante du statut scientifique de la psychanalyse son lot de nécessité, mais aussi de précarité inévitable.

Références

1. Solms, M., New findings on the neurological organisation of dreaming: implications for psychoanalysis, *Psychoanalytic Quarterly*, LXIV, 1995, pp. 43-67.

2. Solms, M., (ed. & trans.), *The Complete Neuroscientific Works of Sigmund Freud*, London, The Institute of Psycho-Analysis & H. Karnac Books, 4 vols.
3. F. Geerardyn publiait en collaboration avec G. Van de Vijver la traduction néerlandaise du Projet d'une psychologie scientifique de Freud sous le titre *Ontwerp van een natuurwetenschappelijke psychologie* (Idesça, Gent, 1992). Il publia par ailleurs un livre qui traite du même sujet, *Freuds Psychologie van het oordeel* (Idesça, Gent, 1993). Le Congrès International sur les Ecrits pré-analytiques de Freud, organisé par les mêmes chercheurs, réunissait les autorités de plus de quinze pays sur ce domaine. Mark Solms qui était leur invité y donnait une conférence très appréciée.
4. Solms, M. & Saling, M., *A Moment of Transition: Two Neuroscientific Articles by Sigmund Freud*, London, The Institute of Psycho-Analysis & H. Karnac Books, 1990; Solms, M., A previously-untranslated review by Freud of an article reporting a hypnotic experiment, *International Review of Psycho-Analysis*, 1990, 17, pp. 365-366; Solms, M., A previously-untranslated review by Freud of a book on the sexual instinct, *International Review of Psycho-Analysis*, 1990, 17, pp. 361-363; Solms, M., A previously-untranslated review by Freud of a monograph on hypnotism, *International Journal of Psycho-Analysis*, 1989, 70, pp. 400-403; Solms, M., Three previously-untranslated reviews by Freud from the *Neue Freie Presse*, *International Journal of Psycho-Analysis*, 1989, 70, pp. 397-400; Solms, M., A previously-untranslated report by Freud of a lecture on the mechanism of obsessional ideas and phobias, *International Journal of Psycho-Analysis*, 1989, 70, pp. 91-94.



FREUD'S SOLUTION TO THE MIND/BODY PROBLEM

Mark Solms

Professor Coetsier, Professor Thiery, Professor Quackelbeen, esteemed colleagues, ladies and gentlemen. In comparison to previous recipients of the George Sarton medal, my achievements in the history and philosophy of science have been modest indeed. In fact I do not even consider myself to be an historian or a philosopher. I am, rather, a clinician and a scientist - albeit one who is fully aware of how insoluble life's mysteries really are, and that much of what preoccupies us in science today is not that very different from what preoccupied scientists 100 years ago and more.

The topic that I have chosen to discuss with you this afternoon is one that countless clinicians and scientists before me have pondered on. I am referring to *the nature of the relationship between the mind and the brain*. What I intend to do is to describe a possible solution to this problem that was proposed almost exactly 100 years ago in 1899, by Sigmund Freud, one of the great clinicians and scientists of the century now ending.

Obviously in the time available to me I can only do so in a very schematic way. I will have time to say just a few words about the attitude to the mind/body problem that was prevalent among European neuroscientists in the 1880s, which is when Freud joined their ranks as a recently qualified neurologist with research interests in neuroanatomy. Next, I will characterize Freud's own attitude to the problem, by tracing the progression of his views on the relationship between the mind and the brain during the last decade of the nineteenth century. Finally, I will conclude my presentation by making a few brief observations on the current standing of Freud's solution to that problem, in relation to subsequent developments in neuroscience.

The last decade of the nineteenth century was a crucial period in Sigmund Freud's intellectual development. I shall focus on three landmark texts from this period: Freud's monograph *On Aphasia* (which was published in 1891); his 'Project for a scientific psychology' (which was written in 1895 but not published during Freud's lifetime); and his *Interpretation of Dreams* (which was published in 1899, but dated 1900). In the process of discussing these texts, I hope to be able to show that Freud's changing views concerning the mind/body problem during the 1890s (1) exposed the serious limitations of the neuropsychology of his time, and (2) laid the foundations for a new discipline which held out the promise of finally reducing the private and seemingly impenetrable sanctuary of our subjective consciousness to natural-scientific laws.

So, to begin: what was the prevailing attitude among Freud's contemporaries in the 1890s to the problem of the relationship between the mind and the brain? I think Peter Amacher summed up this attitude rather well when he wrote in his influential monograph on *Freud's Neurological Education and its Influence on Psychoanalytic Theory* (1965) that the work of Freud's teachers was characterized by "unrestrained shifting from descriptions in terms of mind to descriptions in physical terms", and that his contemporaries "did not conceive of mental processes as in any detail independent of physical ones" (pp. 16-17). This prevalent attitude was based above all on the neuroanatomical doctrines of Freud's revered teacher, Theodor Meynert, who, to quote Amacher once again, "saw consciousness and voluntary action as the middle links in a chain of 'cause and effect' in which the end links were the transmission of excitation in afferent and efferent nerves" (ibid).

I shall briefly illustrate Meynert's doctrines by describing two classical neuropsychological models that were derived from them. The first concerns the neuropsychological organization of speech and language, and the second concerns the neuropsychological organization of visual perception. These two models capture succinctly the manner in which Freud's contemporaries were attempting in the last decades of the 19th century to localize mental faculties within the tissues of the human brain.

The prevailing neuropsychological theory of *language* in the 1890s (which was articulated in the mid 1880s by Carl Wernicke and his pupil Ludwig Lichtheim) attributed the mental components of speech comprehension and production to three cortical centres, which formed the middle links in a chain of cause and effect, in which the end links were subcortical auditory and motor nerves. According to this model, acoustic stimuli travelled from the ear up the auditory nerve and through various specific nuclei in a purely physiological form, until they reached the cells of the primary auditory cortex. At that point the physiological stimuli in question were perceived as conscious sensations of sound. The primary auditory cells in turn excited secondary auditory cells in a region of the brain known as 'Wernicke's centre'. In Wernicke's centre the sound impulses excited memories of words. The words were then transmitted to the tertiary association cortex, which was known as the 'centre for concepts', at which point they were associated with visual and other images, and thereby acquired their meaning. From the centre for concepts, the sensory word-images could in turn excite motor word images, which were located in cell-groups in another part of the brain known as 'Broca's centre'. Finally, these cells stimulated the motor cells in the precentral gyrus, which controlled the peripheral organs of speech. In this way conscious and meaningful words were transformed back into purely physiological processes. Notice the "unrestrained shifting from descriptions in terms of mind to descriptions in physical terms" that Amacher mentioned.

A directly analogous model was proposed for *visual perception* in 1890 by Heinrich Lissauer. According to Lissauer's model, visual stimuli were propagated from the retinal cells of the eye to the primary visual cortex in a purely physiological form, at which point they were transformed into conscious visual sensations. These sensations in turn excited cell-groups in Lissauer's 'apperceptive' centre, which transformed the visual stimuli into perceptual images of objects, to which meaning was then attached when they, too, were associated with the so-called 'centre for concepts'. Note once again the "unrestrained shifting from descriptions in terms of mind to descriptions in physical terms".

In 1891 Sigmund Freud published a devastating critique of this

approach to mind-brain relations which was so prevalent among his contemporaries. I am referring now to Freud's monograph *On Aphasia*, which is remembered to this day as a landmark contribution to the neuropsychology of language and higher visual perception. On p. 55 of that work Freud asked the following rhetorical question, which cut to the heart of the problem. He asked:

"Is it justified to immerse a nerve fibre, which over the whole length of its course has been only a physiological structure subject to physiological modifications, with its end in the psyche and to furnish this end with an idea or a memory?"

In Freud's view, this most certainly was not justified. He therefore continued:

"The relationship between the chain of physiological events in the nervous system and the mental processes is probably not one of cause and effect. The former do not cease when the latter set in; they tend to continue, but, from a certain moment, a mental phenomenon corresponds to a part of the [physiological] chain, or to several parts. The psychic is, therefore, a process *parallel* to the physiological" (ibid, emphasis added).

In other words, Freud argued that certain physiological processes occurring at specific points in the causal chain are *experienced consciously* as meaningful words or objects, but that does not mean that these conscious experiences occur *instead* of physiological processes; it does not mean that you have first a physiological impulse, then a conscious image, then another physiological impulse, and so on. You do not have a chain of cause and effect leading from brain to mind and then back to brain again. In other words, the conscious images of words or objects cannot actually be found *inside* the tissues corresponding to the middle links of the chain of cortical linguistic and visual processes. In Freud's view, the conscious experiences of words and objects exist outside of the physiological chain. Conscious experiences and the physiological

processes corresponding to those experiences are two fundamentally different things; the words and objects are perceived in *parallel* with certain physiological modifications that occur in certain parts of the brain. How and why the conscious experiences occur remained a mystery to Freud, but he felt that the important conceptual problem raised by this mysterious parallelism should not be avoided by elliptical phrases which actually explained nothing. He wrote:

"I am well aware that the writers whose views I am opposing here cannot have been guilty of thoughtless mistakes in their scientific approach. They obviously mean only that the physiological modification of the nerve fibre through sensory stimuli produces another modification in the central cells which then become the *physiological correlate* of the 'concept' or 'idea'. As they know more about ideas than of the physiological modifications, which are still undefined and unknown, they use the elliptic phrase: an idea is localized in a nerve cell. Yet this substitution at once leads to a confusion of the two processes which need have nothing in common with each other. In psychology the simple idea is to us something elementary which we can clearly differentiate from its connection with other ideas. This is why we are tempted to assume that its physiological correlate, i.e., the modification of the nerve cells which originates from the stimulation of the nerve fibres, be also something simple and localizable. Such an inference is, of course, unwarranted; the qualities of this [physiological] modification have to be established for themselves and independently of their psychological concomitants" (pp. 55-56, emphasis added).

Freud felt that the meaningful structure of consciousness might have little in common with the anatomical structure of the brain. We have no valid grounds for projecting the anatomical pathways of the brain onto a psychological theory of language or perception. It is entirely possible that language is organized in a manner quite different from the cellular structure of the auditory and motor cortex, that is, it is possible that a

highly complex relationship exists between these two domains. In order to do justice to *both* sides of this psycho-physical equation, and thereby to understand the relationship between them on a properly scientific basis, Freud proposed an alternative approach to the study of the neurology of mental functions. He proposed that we study the psychological and physiological aspects of the problem *separately*, and that we thereafter *correlate* the two domains of knowledge with one another.

I shall now briefly describe how this approach worked in practice, using the neuropsychology of language as an example.

As regards the *anatomical* side of language, Freud concluded from the available evidence in his 1891 monograph that the physical substrate of language takes the form not of a few simple centres connected to one another (and to the ear and the mouth) by a few simple pathways. Rather, it takes the form of an extremely intricate and densely interconnected network, which begins in the auditory, visual, glossokinesthetic and cheirokinesthetic sensory end-organs, incorporates their subcortical modality-specific nuclei and pathways, projects onto the primary cortices for hearing, vision and kinaesthesia bilaterally, encompasses the entire cortical and subcortical expanse surrounding the left Sylvian fissure, which associatively connects these primary sensory zones with one another on the one hand and with the motor zones for the hands and organs of articulation on the other, and terminates in those end-organs themselves, via the complex cortico-subcortical nuclei and pathways which connect them with the motor cortex.

As for the details of the *physiological* processes that occur within this complex web of anatomical elements, Freud frankly admitted his ignorance. He inferred from the clinical fact that damage to the cortical components of the anatomical structures that I have just mentioned impairs the faculty of speech in specific ways that the physiological processes of these structures must somehow be equivalent to the psychological processes of language. However, he admitted that the actual cortical processes that correspond to the conscious experience of words in the mental sphere were still quite unknown. Freud could only surmise that the physiological processes in question must involve an ongoing

function of "association" between different types of sensory and motor stimuli, and that these associations must produce a modification in the tissue in question, which he described as "the possibility of a memory" (p. 56). Freud therefore only felt able to conceptualize the physiological processes of language in vague "functional" terms. On this basis he suggested that we think of the complex network of cortical cells and fibres that form the physical substratum of language as a *functional system*, to which he assigned the name of the "speech apparatus".

Next he turned to the *psychological* side of the equation. Freud concluded from the available evidence that the unit of language - which he took to be the word - could be reduced analytically to a number of elementary components, namely, the visual and motor images of written words, and the auditory and motor images of spoken words. He then proposed a cognitive model, consistent with the theoretical assumptions of the prevailing academic psychology, of how these components might unite during development to form language. Freud's conception of the internal mental processes involved in this observable learning process was very obscure, and it was ultimately no different from his "functional" conception of the *physiology* of language. That is, Freud ultimately conceptualized the *psychology* of language, too, in terms of the functional (associative and mnemonic) properties of the physiological "speech apparatus".

As regards the all-important question of the empirical *relationship between* the neurological and psychological manifestations of language, Freud had this to say. On the basis of the clinico-anatomical evidence available to him, he concluded that one could correlate the two aspects directly with one another only at a few very specific places on the surface of the human brain. These were the primary cortical zones for hearing, vision, kinaesthesia and movement. In these four places specific aspects of language were correlated with specific physiological processes. This correlation was based on the observation that discrete damage to these four areas resulted in the isolated loss of the four elementary modalities of language, namely its auditory, visual, kinaesthetic or motor components. It was therefore legitimate to *localize* these mental components to these discrete anatomical areas.

Since these elementary mental components were also the elementary physiological properties of the speech apparatus, Freud described them as the "cornerstones" of that apparatus. But the nature of the relationship between the physical and mental processes which lay *between* these "cornerstones" remained unknown, for the reason that the essential processes involved in both the psychical and the physical interior of the apparatus had not yet yielded to scientific observation.

This was because, in both of its manifestations, only the most superficial workings of the speech apparatus seemed to be accessible to empirical observation and understanding. The internal workings of the apparatus could only be *inferred*, and described in 'functional' terms which were, strictly speaking, neither physiological nor psychological. For this reason Freud's concept of a "speech apparatus" ultimately embodied many of the same psycho-physical confusions that he had detected in the theories of his teachers. While Freud had brought simple clarity to the nature of the empirical relationship between mind and brain at the superficial, observable level of the conscious manifestations of speech, the functional *depths* of his "speech apparatus" still remained shrouded in obscurity.

The origin of this obscurity can be recognized in the following sentences, which appeared on p. 56 of Freud's aphasia monograph:

"What then is the physiological correlate of the simple idea emerging or re-emerging? Obviously nothing static, but something in the nature of a process. This process is not incompatible with localization. It starts at a specific point in the cortex and from there it spreads over the whole cortex along certain pathways. When this event has taken place it leaves behind the possibility of a memory, in the part of the cortex affected. *It is very doubtful whether this physiological event is in any way associated with something psychic. Our consciousness contains nothing that would, from the psychological point of view, justify the term 'latent memory image'.* Yet whenever the same cortical state is elicited again, the previous psychic event re-emerges as a

memory". (emphasis added)

As you can see, here Freud was hampered not only by a lack of physiological knowledge; he was hampered also by a *conceptual* limitation. He could not conceive of the possibility that something non-conscious could be described as a 'memory'. At that time, Freud was no different from his contemporaries in this respect; psychological processes were *by definition* equated with conscious processes. Since it seemed to Freud in 1891 that our *consciousness* contained nothing that justified the term "latent memory image", it made no sense to him to speak of the mnemonic processes underlying speech in psychological terms. The underlying modifications must be something *physiological*. That is why Freud could only establish empirical psycho-physiological correlations at the superficial level of the conscious modalities of language, and that is why he was forced to conceptualize the deeper structure of language in quasi-physiological (functional) terms. This same assumption - namely that all mental processes are conscious processes - prompted Freud, three years later, to write his 'Project for a scientific psychology'.

"I turn now to the 'Project' itself. In the opening lines of that work Freud wrote the following (now famous) words:

The intention is to furnish a psychology that shall be a natural science: that is, to *represent* psychical processes as quantitatively determinate states of specifiable *material* particles, thus rendering those processes perspicuous and free from contradiction". (1950, p. 295, emphasis added)

These words demonstrate that in 1895 Freud still believed that it was necessary to describe the natural processes underlying consciousness in *physiological* terms, if they were to be accessible to scientific understanding. The psychical processes needed to be *represented* as states of material particles, *then* they could be understood scientifically. Freud believed that this translation of psychical processes into physical processes was necessary because he had not yet hit upon the notion of unconscious mental processes.

In his 1891 monograph Freud had realized that conscious states were not the middle link in a chain of cause and effect in which the end links were physiological processes; he had realized that the middle links, too, were physiological processes. All that distinguished these physiological processes from others was that they were *correlated* with conscious processes in the mental sphere, whereas the interpolated links were not correlated with conscious processes. This generated two parallel causal chains, a physiological chain which was continuous (and therefore perspicuous and free from contradiction), and a mental chain which was broken, comprising erratic sequences of conscious awareness arising as if from nowhere. Under these circumstances the only way in which the conscious processes could be understood scientifically was to translate them into their physiological correlates, which were causally continuous and therefore amenable to explanation in terms of natural-scientific laws. But please note that this way of dealing with the problem left consciousness *itself* outside of science.

Years later, when Freud wrote his final outline of his life's work, in 1938, he made this point explicitly. He wrote:

"Many people, both inside and outside science, are satisfied with the assumption that consciousness alone is psychical; in that case nothing remains for psychology but to discriminate among psychical phenomena between perceptions, feelings, thought-processes and volitions. It is generally agreed, however, that these conscious processes do not form unbroken sequences which are complete in themselves; there would thus be no alternative left to assuming that there are physical and somatic processes which are concomitant with the psychical ones and which we should necessarily have to recognize as more complete than the psychical sequences, since some of them would have conscious processes parallel to them but others would not. If so, it would of course become plausible to lay the stress in psychology on these somatic processes, to see in *them* the true essence of what is psychical and to look for some other assessment of the conscious processes". (Freud

1940a, p. 158)

This is precisely what Freud did when he wrote the 'Project'; he laid the stress in psychology on the somatic processes, and he saw in *them* the true essence of what was psychical. But the problem that Freud was confronted with in 1895, when he set about translating everything that he knew about mental processes into physiological and anatomical terms, in order to explain them scientifically, was the uncomfortable reality that *so very little was known* about the physiological correlates of mind. In fact, neuropsychological knowledge still did not extend much further than the elementary correlations that Freud had made a few years earlier, with regard to the function of language. He was therefore paradoxically forced, in his quest for a scientifically respectable model of the mental apparatus, to rely more than ever upon *speculation*. Freud implicitly admitted this to his friend Wilhelm Fliess, in a letter that he wrote at the time, in which he described his work on the 'Project' in the following terms:

"During recent weeks I have devoted every free minute to [this] work; the hours of the night from eleven to two have been occupied with *imaginings, transpositions, and guesses*, only abandoned when I arrived at some absurdity". (letter dated 25 May 1895, Freud 1954 p. 120)

So this is what Freud was occupied with when he attempted in 1895 to construct a neuroscientific model of the mind - "imaginings, transpositions, and guesses". The only empirical knowledge of the brain that Freud was able to rely on at that time was purely *anatomical* knowledge. He knew that the nervous system was composed of discrete histological units known as neurones, and that these units "have contact with one another through the medium of a foreign substance" (Freud 1950, p. 298), the functional properties of which were unknown, but which he elected to call "contact barriers". He also knew a fair amount about the basic arrangement of these units into layers or nuclei, about the gross relations of the grey tissues to each other through the major fibre paths of the brain and spinal cord, and about the broad correlations between these anatomical arrangements and the primary modalities of

consciousness, and their functional relations with elementary forms of muscular activity. Quite a bit more was known about the physiology of the sensory and motor end-organs themselves. But everything else was unknown.

The gap between these rudimentary anatomical and physiological facts and the facts that were required to explain the *mental* functions that interested Freud - such as perception, affect, attention, memory, motivation, defence, dreaming, and the like - was unbridgeable by anything other than "imaginings, transpositions, and guesses". Even the nature of the nerve impulse itself was still shrouded in ignorance in 1895, let alone the nature of the molecular modifications that corresponded to what Freud had described as "the possibility of a memory". The fundamental postulates of the 'Project' in this regard, concerning the passage of a nervous energy known as Q through the systems of neurones, the consequent facilitation of the contact barriers between them, and the so-called 'cathexis' of the neurones that were filled with this energy, had no basis in experimental observation. The physiological significance of the morphological differences that had been detected between cortical regions was also quite unknown, and there was nothing in the available evidence to support the important functional differentiations that Freud postulated between his three hypothetical systems of neurones, known as omega, psi and phi. In short, all of the fundamental concepts upon which the 'Project' model was based, were nothing more or less than speculations, with the sole exception of the histological fact of the neurone. Marvel as we well might, therefore, at Freud's prescient anticipation of so many modern neuropsychological concepts - as Pribram and Gill have shown in their fascinating (1976) study - the fact remains that at the time that Freud introduced those concepts, they were speculative in the extreme.

Ironically, the only *empirical* knowledge that Freud could rely on in 1895, as regards the complex mental processes that interested him, were the inferences that he himself had drawn from *clinical observation* about what the *functional* properties and mechanisms must be of an apparatus which produced the psychological phenomena that he had observed. That is why Freud described the 'Project' repeatedly in his

letters as "mechanical explanations" of "clinical knowledge" (Freud 1950 p. 126), as I showed in my 1986 paper on the 'Project' (Solms & Saling 1986). By transforming his clinical knowledge into a hypothetical neurological machine, Freud laid the foundations for a future neuropsychology, but the knowledge in the 'Project' itself remained psychological.

Most important of all, the weakness of the psycho-physical assumption that prompted Freud to write the 'Project' in the first place, namely, the assumption that conscious processes must be translated into physiological processes before they can be explained scientifically, left the essential problem of psychology, the mystery of consciousness itself, completely unexplained. Freud was ultimately forced to concede this point, too, when he wrote the following words on p. 311 of the 'Project':

"It is only by means of such complicated and far from perspicuous hypotheses that I have hitherto succeeded in introducing the phenomena of consciousness into the structure of quantitative psychology. No attempt, of course, can be made to explain *how it is* that excitatory processes in the omega neurones bring consciousness along with them. It is only a question of establishing a *coincidence* between the characteristics of consciousness that are known to us and processes in the omega neurones which vary *in parallel* with them". (emphasis added)

Small wonder, then, that Freud was so ambivalent about the model that he had constructed. It is not surprising that he was eventually driven to dissociate himself from the whole enterprise, and ultimately to reflect in a letter to his correspondent Fliess that:

"I can no longer understand the state of mind in which I concocted the [Project]; I cannot conceive how I came to inflict it on you ... it seems to have been a kind of aberration" (letter dated 29 November 1895, 1954 p. 134)

This realization, then, and the consequent abandonment of the

psycho-physical assumption that motivated the writing of the 'Project', finally led Freud to his conceptual breakthrough into psychoanalysis. This occurred two months later, when he formally renamed his 'psychology' as '*metapsychology*' - that is, as a psychology which transcends consciousness. Freud had finally accepted that the functional processes that he had inferred on the basis of his clinical observations could legitimately be described as *mental* processes, and he abandoned the false security of translating them into a neuroscientific language. Freud had realized that the current state of neuroscientific knowledge was such in 1895 that his physiological and anatomical speculations were in fact *pseudoscientific* explanations, and - ironically - that he was on far more solid ground scientifically if he confined himself to a *psychological* language, even if that language now had to be extended to accommodate such strange-sounding notions as unconscious memories, beliefs and desires.

Thus Freud arrived at his final conceptualization of the relationship between the brain and the mind. Henceforward he pictured the causal sequence of mental events as consisting of a *continuous* chain: an uninterrupted sequence of *psychological* processes - some of which were conscious and some of which were not. This made it possible for Freud to achieve his ambition of furnishing a psychology which could be a natural science, by inserting states of consciousness into a natural sequence of events, subject to natural causal laws. As he wrote 40 years later:

"The equation of what is mental with what is conscious had the unwelcome result of divorcing psychical processes from the general context of events in the universe and setting them in complete contrast to all others". (Freud 1940b, p. 283)

The fruits of his new way of conceptualizing consciousness, not as something emerging inexplicably in parallel with certain physiological events, but rather as something causally determined by the general context of *mental* events (even if those events were unconscious, and therefore had to be *inferred* from the observable data), first saw the light

of day four years after Freud abandoned his 'Project', in Chapter 7 of *The Interpretation of Dreams*. There Freud described his new scientific position in the following celebrated passage:

"I shall entirely disregard the fact that the mental apparatus with which we are here concerned is also known to us in the form of an anatomical preparation, and I shall carefully avoid the temptation to determine psychical locality in any anatomical fashion. I shall remain upon *psychological* ground, and I propose simply to follow the suggestion that we should picture the instrument which carries out our mental functions as resembling a compound microscope or a photographic apparatus, or something of the kind. On that basis, psychical locality will correspond to a point inside the apparatus at which one of the preliminary stages of an image comes into being. In the microscope or telescope, as we know, these occur in part at ideal points, regions in which no tangible component of the apparatus is situated. I see no necessity to apologize for the imperfections of this or of any similar imagery. Analogies of this kind are only intended to assist us in our attempt to make the complications of mental functioning intelligible by dissecting the *function* and assigning its different constituents to different component parts of the apparatus. So far as I know the experiment has not hitherto been made of using this method of dissection in order to investigate the way in which the mental instrument is put together, and I can see no harm in it ... so long as we retain the coolness of our judgement and do not mistake the scaffolding for the building". (1900, p. 536, emphasis added)

This way of thinking about the mind was only made possible by the assumption of a causally independent sequence of mental processes which included unconscious mental events. The "functional" apparatus that Freud first postulated in his 1891 monograph on aphasia had now become a conceptually viable entity, one which was *legitimately* neither physiological nor conscious. Freud's mental apparatus was now *meta-*

psychological - it was an abstract entity that transcended consciousness and was *inferred* from the data of perception, like other natural things.

It is not often recognized that this new way of conceptualizing consciousness radically transformed Freud's conceptualization of the status of physical events. It was not simply a matter of two causal chains, the one physical and the other mental. Rather, both the physical and the mental were now subsumed under the heading of the 'metapsychological'. Let me explain. Freud conceptualized the causally continuous process of mental events that occurred within the mental apparatus as being *in themselves* unconscious, and in this respect they were no different from other natural events, which also occur independently of conscious awareness. In other words, the events that occur in the interior of the human subject were considered by Freud to be conceptually identical with the events that occur in the external object world. What distinguishes between these two great classes of events is not whether they are psychical or physical but rather whether they are *internal or external to the subject*, and therefore, whether they are *registered on the internal or the external surface of consciousness*. This conception at last enabled Freud to solve the essential problem of psychology, namely the relationship between mind and brain.

By conceptualizing consciousness as a sense organ with two perceptual surfaces, one of which was directed outward (toward the non-conscious processes occurring in the external object world) and the other of which was directed inward (toward the non-conscious processes occurring within the human subject), Freud had placed consciousness firmly where it belonged, right at the centre of our knowledge of the universe. Looking outward, our consciousness perceives the world in the formata of its various external sensory modalities, vision, sound, touch, smell, and taste, which represent the non-conscious (and therefore ultimately unknowable) reality that lies outside of us in the form of material objects. However the sight, sound, feel, smell, and taste of external things are not those things themselves; rather they are our external perceptual *representations* of those things. As a clinical neurologist Freud will have known only too well how readily our senses can deceive us.

In this we recognize a scientific application of the well-known philosophical insight of Immanuel Kant, to the effect that our knowledge of the world is determined by the limiting properties of our mental apparatus, as a result of which we can only ever know the world indirectly and incompletely. In accordance with this philosophy, Freud recognized that the human brain, too, like any other material object, is not the mental apparatus in itself. It is not something which exists - as such - behind or beneath our consciousness, and it can therefore not be looked upon as the explanatory bedrock of experience. The human brain is an external object like any other, in the sense that we can only know it indirectly, through the lens of external perception. The thing that lies behind our conscious image of the brain, like every other thing that we can ever perceive, ultimately remains unknowable.

To this insight Freud added a further profound notion. He suggested that when *the same unknowable thing* that we perceive externally as the brain is perceived *internally*, that is, when it is registered on the *internal surface of consciousness*, it is perceived as our subjective states of awareness - as our memories, beliefs and desires. Thus the underlying reality of the mental apparatus is represented twice in consciousness; on the external perceptual surface it is represented as the brain (or nervous system) and on the internal surface of consciousness it is represented as our thoughts and feelings - as our subjective states of awareness.

In this way the conventional distinction between mind and matter was shown to be spurious, *mind and matter (in their various manifestations) were simply different modalities of consciousness, pointing in different directions*. Therefore the underlying reality that these different modalities represented, was ultimately *one and the same reality* - the reality of the unconscious "mental apparatus". Thus Freud could later write in a letter to Georg Groddeck, in 1917, that "the unconscious is the proper mediator between the somatic and the mental, perhaps the long-sought 'missing link'" (Groddeck 1977, p. 38). This realization finally equipped Freud with the *unitary* causal matrix that he had been looking for, and he thereafter set about describing the internal reality of the mind as a natural sequence of events, which were no different in their essence

from external natural events, and were therefore ultimately subject to the same causal laws.

As Freud put it in his 1915 essay on 'The Unconscious':

"The psycho-analytic assumption of unconscious mental activity appears to us ... as an extension of the corrections undertaken by Kant of our views of external perception. Just as Kant warned us not to overlook the fact that our [external] perceptions are subjectively conditioned and must not be regarded as identical with what is perceived though unknowable, so psycho-analysis warns us not to equate [internal] perceptions by means of consciousness with the unconscious mental processes which are their object. Like the physical, the psychical is not necessarily in reality what it appears to be". (Freud 1915e, p. 171)

If we accept this conceptualization, we are in a position to study the mental apparatus from two completely different points of view simultaneously. We can study it in the form in which it is presented to our external sensory perception, that is as a physical object - the brain - or we can study it in the form in which it is presented to our internal sensory perception, that is as a reflective subject - as our personal thoughts and feelings.

As you all know, Freud spent the remaining years of his life studying the mental apparatus from the *internal* point of view, and he inferred its functional properties from the introspective data that were made available to him. On this basis, he proposed a succession of models of the internal workings of the mind - changing them as his unfolding clinical experience called for revisions of his previous inferences. And following Freud's death in 1939, this project was carried forward by others, and it continues to be carried forward to this day.

However, I need hardly remind you that the models arising out of this approach to mental life were never universally accepted, and many of Freud's most basic conclusions about the mind and its workings are

still vehemently disputed today. This brings me to the final section of my presentation.

Freud elected to study the mind from the internal viewpoint of subjective awareness because he was forced to conclude in 1896, following the failure of his 'Project', that knowledge of its functional properties had not yet yielded to physiological (or external) methods of observation. However, Freud always held out the hope that *some day* the workings of the mind *would* become accessible to physical methods. That is why he emphasized in his 1915 paper on 'The Unconscious', for example, that "our psychological topography has *for the present* nothing to do with anatomy" (p. 157, Freud's emphasis), but that "we must recollect that all our provisional ideas in psychology will presumably some day be based on an organic substructure" (Freud 1914 p. 78). In other words, Freud always hoped that some day it would be possible to study the mental apparatus from the viewpoint of *both* its perceptual realizations. This raises the possibility of thoroughly *correlating* our observations, arrived at through these two terminal points of our knowledge of the mental apparatus. And if one recalls the moral about the blind men and the elephant, it is obvious what an advantage that would be. Two indirect perspectives on something that cannot be perceived directly must surely be better than one.

There can be little doubt that the "some day" that Freud referred to has now arrived. Neuroscience has developed to such an extent in the decades since Freud's death that the situation that he confronted in 1895 has now almost completely reversed itself. Today, thanks largely to incredible advances in artificial observational technologies, we are in a position to construct a physiological model of the mental apparatus on the basis of detailed neuroscientific knowledge which is far more "perspicuous and free from contradiction" than are our psychoanalytic models of the mind, which are derived from introspective observation. In saying this I hasten to add that I make no apologies for the shortcomings of subjective observation in psychoanalysis; they are an inevitable consequence of the manner in which the mind is constructed. Introspective states of awareness are such fleeting and fugitive things, in comparison with our external awareness of objects. And yet subjective states of

awareness are no *less real* for that reason. Our visual and other objective images of the mental apparatus and its workings are no *more real* than are our emotional and other subjective experiences of it. The differences between these two perceptual realizations of the unknowable reality within us are simply artifacts of the manner in which the internal workings of the mind are represented on its different perceptual surfaces. Moreover, subjective awareness is where our patients locate the sufferings that they bring to psychoanalysis, just as visual awareness is the locality of the suffering that is taken to the ophthalmologist.

Subjective consciousness *exists*, and it would be a tragedy indeed if science were to exclude it once more from the natural order of things, simply because the manner in which the perceptual apparatus is constructed (and the scientific technology that has flowed from the manner of that construction) makes it is easier for us to study the mind as an object in the external world than as the inner experience of the living subject. Today, 100 years after Freud wrote the three texts that we have surveyed this evening, and stumbled upon his radical solution to the mind/body problem, we are at last on the brink of a truly scientific psychology which really is "perspicuous and free from contradiction". I, for one, hope that my colleagues both in psychoanalysis and in the neurological sciences will seize the historical moment.

I thank you for your attention, and for your generosity in awarding me this medal.

References

- Amacher, P. (1965), *Freud's Neurological Education and its Influence on Psychoanalytic Theory*. *Psychological Issues*, Monograph 16.
- Freud, S. (1891), *On Aphasia: A Critical Study*. New York: International Universities Press, 1954.
- (1914), On narcissism: an introduction. *Standard Edition*, 14: 73-102.

- (1915), The unconscious. *Standard Edition*, **14**: 166-204.
- (1950 [1895]), A project for a scientific psychology. *Standard Edition*, **1**: 295-387.
- (1900), The Interpretation of Dreams. *Standard Edition*, **4-5**.
- (1940a [1838]), An outline of psycho-analysis. *Standard Edition*, **23**: 144-207.
- (1940b [1838]), Some elementary lessons in psycho-analysis. *Standard Edition*, **23**: 282-286.
- (1954), *The Origins of Psychoanalysis*. New York: Basic Books.
- Groddeck, G. (1977), *The Meaning of Illness*. London: The Institute of Psycho-Analysis & The Hogarth Press.
- Lissauer, H. (1890), Ein Fall von Seelenblindheit nebst einem Beitrage zur Theorie derselben. *Archiv für Psychiatrie*, **21**: 222-270.
- Pribram, K. & Gill, M. (1976), *Freud's 'Project' Re-Assessed*. New York: Basic Books.
- Solms, M. & Saling, M., On psychoanalysis and neuroscience: Freud's attitude to the localizationist tradition. *International Journal of Psycho-Analysis*, **67**: 397-416.
- WERNICKE, C. (1886), Einige neue Arbeiten über Aphasie. *Fortschritte der Medizin*, **4**: 377-463.



LAUDATIO LAURENS CLARUS WINKEL

M. Storme

Le comité SARTON a décidé sur proposition de la Faculté de Droit de Gand de remettre au Professeur Laurens WINKEL la médaille George SARTON pour l'année académique 1994-1995 pour ses mérites dans le domaine de l'histoire et de la philosophie des sciences.

Je me permets de vous rappeler que George SARTON, né à Gand, a fait ses études à l'Université de Gand et a obtenu son diplôme en 1911. Il s'est établi aux États-Unis pendant la première guerre mondiale et était attaché comme chercheur au Carnegie Institution of Washington. Il a également enseigné à la Harvard University.

Il est le fondateur de ce qui est devenu l'histoire de la science. Dès le début des années vingt jusqu'à sa mort, il a préparé, écrit et publié son *"Introduction to the history of science"*. C'est dans le cadre de l'histoire des sciences que l'Université de Gand prend chaque année des initiatives pour commémorer ce grand savant qui fût formé à notre université.

Laurens Clarus WINKEL, né à La Haye, a fait ses études moyennes au Gymnasium à Amsterdam et ensuite entamé les études à l'École Supérieure Technique de Delft. Ce n'est que par après qu'il s'est inscrit comme étudiant en droit à l'Université d'Amsterdam.

Mon interprétation personnelle de ce début de la carrière scientifique du Professeur WINKEL est que celui-ci est un des rares juristes qui a opté positivement pour l'étude du droit. En effet, la plupart de nos éminents juristes ont choisi pour le droit par élimination c.-à.-d. suite à un choix négatif.

Après avoir terminé ses études de droit à l'Université d'Amsterdam, il a continué ses études juridiques à l'Université des Sciences Sociales à Toulouse, où il a obtenu le *"Doctorat d'Université"* en 1975.

De retour aux Pays-Bas, Monsieur WINKEL - nomen sit omen - travaillait dans le cadre du Wetswinkel à Amsterdam. Il est nommé par après collaborateur scientifique à la Faculté de Droit de l'Université d'Amsterdam auprès du Professeur Langemeijer, docteur honoris causa de l'Université de Gand, et ensuite chez le Professeur Ankum dans le domaine de l'histoire du droit. C'est à Amsterdam qu'il a également obtenu "cum laude" son doctorat après la défense d'une thèse sur l'erreur en droit : *"Rechtsdwaling als Rechtsorde-probleem : error juris nocet"*.

Il fût d'abord nommé chargé de cours en 1984 dans le domaine de l'histoire du droit à l'Université d'Amsterdam; il a été nommé en 1994 professeur dans le domaine du développement historique du droit (historische ontwikkeling van het recht) à l'Université Erasmus de Rotterdam.

Entretemps, il a enseigné à plusieurs reprises aux Universités de Zürich et de Fribourg et notamment dans le domaine du droit romain.

Le contact avec la pratique juridique et judiciaire a été entretenu grâce à sa nomination comme Juge suppléant au Tribunal d'Arnhem.

Monsieur WINKEL a publié dans le domaine du droit romain, privé et public, de l'histoire du droit des gens, de la philosophie du droit dans l'antiquité et de l'histoire des idées juridiques en général. Si je devrais caractériser notre collègue, j'oserais dire qu'il a surtout été attiré par la *"Ideen-Geschichte"*. Le noyau central de ses recherches scientifiques se trouve en effet dans le domaine de l'influence des idées philosophiques sur certaines institutions juridiques. A l'occasion de l'étude de ces institutions il fait souvent usage de faits et données qui concernent l'histoire de la tradition des idées philosophiques.

Je me plais de vous rappeler que notre collègue Monsieur WINKEL a apporté son concours scientifique et hautement apprécié lors du colloque que notre Faculté de Droit à Gand a organisé en commémoration de François LAURENT. Le rapport de Monsieur WINKEL sur la codification et l'accès à la loi pour les citoyens restera toujours une contribution remarquable à la solution du problème de l'*"Access to law"*

and justice".

Il y a quelques jours, le 13 janvier dernier, notre collègue Monsieur WINKEL a prononcé son oraison de rentrée lors de sa nomination comme professeur ordinaire à Rotterdam. Il a traité du problème de la vérité dans le domaine du droit et de l'histoire, ceci sous le titre *"Themis en Clio, bondgenoten of vijanden ?"*. Dans cette conférence Monsieur WINKEL a lancé l'idée que la pratique du droit est toujours l'application d'une norme du passé sur un cas du présent avec une justification pour l'avenir : *"rechtsbeoefening die steeds toepassing is van een norm uit het verleden op een geval uit het heden met verantwoordingsplicht in de toekomst"* (o.c. p. 26).

Cette approche historique de la jurisprudence me semble particulièrement passionnante puisqu'elle rend attentif pour l'aspect micro-processuel du litige : l'application de la norme juridique à un cas concret. D'autre part cette idée souligne également l'aspect macro-processuel de ce même litige : le jugement est une étape dans l'évolution du droit vers l'avenir.

Cette belle pensée de Monsieur WINKEL rejoint d'ailleurs une phrase de SARTON même : *"The present without its past is insipid and meaningless; the past without the present is obscure. The life of science, like the life of art, is eternal"*.



L'HISTOIRE DU DROIT, EXEMPLE D'UNE SCIENCE INTERDISCIPLINAIRE

Laurens Winkel

I

La communication d'aujourd'hui est placée sous l'égide du Professeur George Sarton, éminent historien des sciences exactes. Quoique le Professeur Sarton ne se soit pas occupé de l'histoire du droit, je me propose durant cette heure de traiter quelques aspects de cette science et de la mettre en rapport avec celle d'autres disciplines. Nous nous concentrerons sur des points de contact avec l'histoire des sciences proprement dites, c'est-à-dire, l'histoire des sciences exactes, notamment de la mathématique.

Longtemps, l'idéal de l'éducation universitaire a été de promouvoir la compréhension de la cohérence des sciences¹. Nous sommes convaincu que l'étude de l'histoire du droit pourrait servir ce but, car elle est en soi déjà une science interdisciplinaire, qui veut être à la fois juridique et historique. Cela donne naissance parfois à des conflits sur le plan de méthode, non seulement dans l'enseignement, mais aussi dans la recherche. Dans notre leçon inaugurale à Rotterdam² nous avons essayé de démontrer cela en évoquant la différence entre la vérité juridique et la vérité historique. Cela se fait particulièrement sentir dans les procès sur les crimes contre l'humanité commis pendant la dernière guerre mondiale. Après l'abrogation de la prescription pour ces crimes de tels procès ont lieu encore aux Pays-Bas, en Belgique et ailleurs. On pourrait référer dans ce cadre, le procès-Barbie en France en 1987³.

La relation entre la philosophie et l'histoire du droit pourrait être envisagée dans deux aspects: premièrement la question se pose, dans quelle mesure le droit s'est développé sous l'influence de la philosophie de l'époque concernée; cette question pourrait être subdivisée de plus entre l'influence de l'éthique, de la logique et de l'épistémologie sur le droit. Une autre question concerne le fondement philosophique de la méthodologie dans l'histoire du droit⁴.

Pour l'histoire du droit toute entière, une citation de Leibniz reste spécialement importante. Je la reprends de Franz Brentano⁵:

Daß doch die Rechtsbeflissenen von ihrer Verachtung der Philosophie zurückkämen und einsähen, daß ohne Philosophie die meisten Fragen ihres Ius ein Labyrinth ohne Ausgang sind.

Il va de soi qu'un traitement, même partiel, de toutes ces questions, dépasse largement le cadre de cette communication. C'est pourquoi nous nous bornerons à deux domaines: premièrement l'influence du philosophe grec Pythagore sur la genèse des concepts juridiques, un sujet qui peut être abordé sous plusieurs points de vue. Pythagore a été important pour la transition de la philosophie naturelle à l'éthique. Un aspect intéressant de sa pensée est son orientation mathématique. Ainsi pourrait-il être considéré comme le premier qui a propagé l'utilisation de l'analogie dans le droit (II). Ensuite nous passons à l'opinion de Pythagore, selon laquelle le bien est défini, le mal indéfini, une opinion dont nous trouvons encore des traces dans le droit romain (III). Suivent encore des remarques sur l'histoire des idées derrière la doctrine de *μεσότης* d'Aristote et sur l'histoire compliquée de la définition de justice dans l'Antiquité (IV).

Après avoir esquissé ainsi quelques traits de l'influence de la philosophie pythagoricienne sur le droit nous donnerons trois autres exemples de l'application plus directe de la mathématique "pure" en droit: la division des alluvions entre des propriétaires voisins (V) et la computation "contante" d'une rente viagère (VI). Nous terminerons cette brève étude par quelques remarques sur le *mos geometricus*, selon nous visible encore dans l'oeuvre de Savigny (VII).

II

Pythagore qui a vécu au 6^e siècle avant J.-C., n'a laissé aucune oeuvre écrite. Il pourrait être situé à la fois dans la philosophie et dans le mysticisme. C'est pourquoi une attribution à Pythagore lui-même reste toujours un peu spéculative⁶. Platon a été très influencé par Pythagore, notamment dans sa doctrine des idées⁷. Il a visité Archytes, le chef de l'école pythagoricienne à Taranto⁸. Pour Pythagore l'harmonie est à la base de l'ordre naturel. Par cette opinion Pythagore est très important

pour la lente transition de la "philosophie de la nature" grecque à la philosophie d'un caractère éthique. Sa philosophie a exercé une influence sur quelques aspects de la philosophie du droit⁹. Par l'intermédiaire d'un texte d'Aristote nous pouvons tracer cette influence de Pythagore sur la conception de la justice:

EN 1131 a 29-33: Ainsi le juste est, en quelque sorte, une proportion. Cette proportion caractérise non seulement le nombre envisagé comme unité, mais encore le nombre envisagé absolument. La proportionalité est donc l'égalité des rapports entre des termes au nombre de quatre au moins...

Il est impossible d'analyser ici ce fragment difficile en détail. Que quelques remarques suffisent! Dans son commentaire, Stewart met en lumière le lien entre l'école pythagoricienne et ce discours d'Aristote sur la justice¹⁰. En outre, Burnet¹¹ et Gauthier-Jolif¹² mettent ce passage en rapport avec l'opinion d'Euclide, trouvable dans ses *Éléments* (V, déf. 8). De toute façon, Aristote a voulu dire que la justice distributive opère selon la proportion géométrique qui consiste dans quatre termes:

$$a:b = c:d^{13}.$$

Ce qui nous intéresse ici, c'est que la proportionalité géométrique mentionnée pourrait être conçue comme un stage primordial de la conception de l'analogie en droit. La question se pose: pourquoi l'analogie serait-elle à la base de la justice? Car il y a un courant de pensée selon laquelle la justice pourrait être basée sur un jugement intuitif. Dans cette opinion une notion élaborée d'analogie ne serait pas nécessaire. Nous devons une explication de cette controverse à Max Weber¹⁴, une figure-clef dans plusieurs domaines de la science de l'histoire du droit de ce siècle¹⁵. Il faisait une distinction entre la "Kadi-Justiz", une conception de la justice concrète ("unformal nach konkreten ethischen oder anderen praktischen Werturteilen") et une justice rationnelle. Seule cette dernière utilise la conception de l'analogie d'une manière explicite. Alors, Pythagore se situerait au début de la conception rationnelle de la justice. Mais il y a un problème qui reste: il n'existe pas de continuité claire dans le développement de la notion d'analogie¹⁶.

L'influence de Pythagore ne s'était pas restreinte au monde grec: Pythagore a également influencé la pensée romaine, quoiqu'elle soit

essentiellement éclectique¹⁷. Selon Plutarque cette influence remonterait même au roi Numa Pompilius, ce qui est manifestement faux sur le plan de la chronologie¹⁸. Les liens entre Pythagore et la pensée juridique romaine ont été esquissés par Ducos¹⁹. Un rôle intermédiaire en ce domaine pourrait être attribué à Nigidius Figulus, ami de Cicéron et adhérent du Pythagorisme²⁰.

Dans le cadre du rôle de l'analogie dans le droit et dans le droit romain en particulier, une polémique moderne entre le romaniste Arthur Steinwenter et le juriste allemand Karl Larenz est importante à signaler. Steinwenter a étudié dans plusieurs articles le rôle de l'analogie en droit romain²¹. Il a défendu l'opinion selon laquelle les juristes romains n'ont guère utilisé l'analogie. Il est suivi dans cette opinion par Vonglis²². Larenz²³ a critiqué cependant l'opinion de Steinwenter, notamment sa définition de l'analogie. Selon Larenz l'analogie doit être conçue d'une manière plus large. A notre avis un certain malentendu doit être éclairci premièrement. Nous croyons que Steinwenter pourrait avoir raison quant à l'application des lois écrites en droit romain. Le style même de cette législation donne l'impression que le législateur a pris tous soins pour une interprétation très stricte²⁴. Dans les *leges*, beaucoup d'expressions synonymes se succèdent dans le texte, ce qui ne s'explique par cette raison. Mais le droit romain n'est basé que très partiellement sur la loi écrite et la formation du droit et le développement d'une dogmatique se font très souvent par des décisions casuistiques des juristes. C'est dans ce cadre que le romaniste allemand bien connu Fritz Schulz a dit: "Das Volk des Rechts ist nicht das Volk des Gesetzes"²⁵.

Alors, il faut faire une distinction entre l'application d'une loi en sens strict et le raisonnement des juristes romains. Pour l'application des lois, l'opinion de Steinwenter pourrait être à première vue correcte, mais la plupart des oeuvres juridiques rassemblées dans le Digeste nous montre que l'analogie y est largement utilisée²⁶.

III

Dans le cadre de l'idée universelle de l'harmonie s'inscrit aussi la thèse, selon laquelle le bien est défini, le mal indéfini (*ἀπειρον*). Un parallèle remarquable se trouve dans un texte connu du juriste romain Neratius (II

siècle AD), qui nous a été transmis dans le Digeste de Justinien:

D. 22,6,2 Neratius libro quinto membranarum
 ...cum ius finitum et possit esse et debeat, facti interpretatio
 plerumque etiam prudentissimos fallat
 ... parce que le droit peut et doit être défini, mais l'interprétation
 d'un fait échappe même aux spécialistes.

Un indice pour l'origine pythagoricienne est donné par Aristote:

Arist. EN 1106 b 29-30 (cfr Arist., *Metaphys.* 986 a 23-25)
 Car la faute selon les Pythagoriciens se caractérisant par l'illimité, le bien
 par ce qui est limité.

Ailleurs nous avons essayé de renforcer cette hypothèse²⁷. On pourrait encore aller plus loin: Pythagore est logiquement aussi à l'origine de la théorie du juste milieu, plus tard développé par Aristote (EN 1106 a 26-b 7). L'origine de la théorie du juste milieu est d'ailleurs assez contestée. Parfois on la lie avec la science médicale, parfois avec la doctrine platonicienne. Sur la base de cette théorie Aristote a développé son type idéal d'*ἀνὴρ σπουδαῖος*, traduit plus tard dans le droit romain comme *diligens pater familias*. On le retrouve encore dans le "bon père de famille", dans le Code civil Belge et Français actuel²⁸.

Une autre application de la théorie du juste milieu se trouve dans l'appréciation de l'erreur par le juriste Labéon:

D. 22,6,9,2 Paulus libro singulari de iuris et facti ignorantia
 ...Et recte Labeo definit scientiam neque curiosissimi neque
 neglegentissimi hominis accipiendam, verum eam rem diligenter
 inquirendo notam habere possit.
 Et c'est à juste titre que Labéon a défini le savoir ni comme celui
 de quelqu'un qui est très curieux, ni de quelqu'un qui est très
 négligent, mais comme celui de quelqu'un qui est au courant par
 une enquête scrupuleuse.

Cette appréciation de l'erreur joue, elle aussi, un rôle dans la doctrine juridique moderne du droit civil²⁹.

IV

Un dernier écho de Pythagore pourrait être signalé dans le débat sur la définition de la justice. Dans ce domaine, l'opinion ancienne des Pythagoriciens est peu à peu substituée par celle des Stoiciens qui en empruntent quelques idées traditionnelles sur la justice, mais y ajoutent de nouveaux aspects.

Pour les Pythagoriciens la proportionnalité est le noyau de la conception de la justice. Cette opinion est suivie par Platon qui propose une proportionnalité dans sa définition de la justice. La proportionnalité est impliquée dans le mot *ἀξία*³⁰:

(Ps.-) Plato, Definitiones 411 E

δικαιοσύνη ... ἕξις διανεμητικὴ τοῦ κατ' ἀξίαν ἐκάστω

La justice est l'esprit distributif qui attribue à chacun le sien

La notion de proportionnalité *ἀξία* est traduite par *dignitas* par Cicéron. Cela s'ensuit de:

De inventione 2, 160

Iustitia est habitus animi communi utilitate conservata suum cuique tribuens dignitatem

La justice est l'esprit qui attribue à chacun sa dignité en comptant l'utilité publique.

Dans un traité anonyme de la rhétorique d'environ 30 ans plus tard³¹ la définition de la justice est formulée d'une manière plus orthodoxe, car il faut se rendre compte que la philosophie grecque, notamment d'origine péripatéticienne est à ce moment déjà plus divulguée à Rome.

Rhetorica ad Herennium 3,2,3

Iustitia est aequitas ius unicuique rei tribuens pro dignitate cuiusque.

La justice est l'équité qui attribue à chacun le droit selon leur dignité.

Stobaios, Eclogae II 84, 15/16 = SVF III 125

[δικαιοσύνη] εἶναι ἕξις ἀπονεμητικὴ τοῦ κατ' ἀξίαν ἐκάστω

La justice est le caractéristique perpétuel qui attribue à chacun

selon sa valeur.

L'ordre juridique n'est pas établi parmi les hommes seuls, comme le Stoa l'a défendu, mais englobe la nature tout entière: *iuris communio pertinet ad bruta animalia*; c'est l'opinion des Pythagoriciens. L'opinion des stoiciens est inverse. Le rôle prépondérant du rationalisme dans le Stoa a abouti à la conclusion que l'ordre juridique n'englobe que les êtres humains. On pourrait en déduire que l'émancipation de l'éthique de la philosophie de la nature est devenue maintenant parfaite³².

V

La mathématique peut servir également comme instrument de la réalisation pratique des règles de droit. Je n'en donne que quelques exemples. Un premier se situe dans la division des alluvions. Selon un texte emprunté aux *Institutes* de Gaius et incorporé dans ceux de Justinien, les alluvions doivent être divisées entre des propriétaires voisins selon la distance. Ce droit est appelé *ius propinquitatis*. Il va de soi qu'un problème mathématique se pose ici. Car il faut mesurer la distance la plus courte, ce qui est seulement possible à l'aide de la planimétrie, difficile quand il s'agit des frontières courbées entre des terrains voisins. Nous savons peu d'une telle division dans l'Antiquité³³, mais nous savons plus de la pratique médiévale grâce à un traité de Bartole de Saxoferrato (1313-1357) - un juriste fameux - depuis le XIVe siècle. Bartole a écrit un *Tractatus Tiberiadis*, dans lequel il aborde ce problème de division, illustré par des desseins mathématiques³⁴. Ce traité est en même temps un exemple très clair de la réception du mathématicien grec Euclide (\pm 275 avant J.-C.), le fondateur de la planimétrie. Ses oeuvres grecques sont connues en Europe Occidentale depuis la traduction de l'arabe à la fin du XIIe siècle par Gérard de Crémone. L'aspect de l'histoire des mathématiques est traité par Van Maanen³⁵.

VI

Il y a d'autres formes des opérations mathématiques, qui sont importantes dans le domaine juridique. Dans le droit des successions on en trouve la computation "contante" d'une rente viagère à l'aide de la

table d'Ulpien (D. 35,2,68). Il s'agit d'un problème causé par une loi romaine (Lex Falcidia) et un Sénatusconsulte (SC Pegasianum) qui ont pour but de protéger l'héritier contre les légataires³⁶. Un quart minimum de la valeur totale de l'héritage est destiné pour les héritiers. Un problème se pose quand le *de cuius* a instauré par testament une rente viagère, c'est-à-dire un paiement annuel pendant la vie du légataire. La valeur "à contant" de ce legs dépend, bien entendu, de l'âge du légataire. Ulpien en donne une solution dans D. 35,2,68. Ce texte a été à la base du calcul des probabilités³⁷. Les différents stages ne peuvent qu'être esquissées ici. Une certaine importance doit être attribuée à l'homme d'état néerlandais du 17^{me} siècle Johan de Witt, ensuite à Nikolaus Bernoulli, notamment dans sa thèse multi-disciplinaire soutenue à Bâle en 1709: *Dissertatio inauguralis mathematica-juridica De usu artis conjectandi in iure*³⁸.

VII

Il y a, pour conclure, le problème de la prédictibilité de l'ordre juridique, un problème resté actuel de nos jours, mais aussi pendant le tournant du 18^e au 19^e siècle, quand le mouvement en faveur d'une codification a pris son essor dans beaucoup de pays en Europe Occidentale. Le courant pro-codification a son point de départ dans le *mos geometricus*³⁹ du 18^e siècle. Le *mos geometricus* à son tour est une expression empruntée à Spinoza⁴⁰. Un très grand problème pour l'ordre juridique a toujours été la prédictibilité d'une décision juridique. Savigny, dans son traité fameux "*Vom Beruf unsrer Zeit für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft*", paru à Heidelberg en 1814, a bien reconnu ce besoin, mais il estime, que la science juridique devrait procurer cette sécurité. Seulement dans un climat d'une science juridique développée une législation pourrait avoir sa place. Dans son discours il utilise un vocabulaire emprunté de la mathématique. Cela s'ensuit de la citation suivante⁴¹:

Auch hat man gerade in den allerneusten Gesetzbüchern allen Schein eines Bestrebens nach dieser materiellen Vollständigkeit aufgegeben, ohne jedoch etwas anderes an die Stelle derselben zu setzen. Allein es giebt allerdings eine solche Vollständigkeit in anderer Art, wie sich durch einen Kunstausdruck der Geometrie

klar machen läßt. In jedem Dreyeck nämlich giebt es gewisse Bestimmungen, aus deren Verbindung zugleich alle übrige mit Notwendigkeit folgen: durch diese, z.B. durch zwey Seiten und den zwischenliegenden Winkel, ist das Dreyeck gegeben. Auf ähnliche Weise hat jeder Theil unsres Rechts solche Stücke, wodurch die übrige gegeben sind: wir können sie die leitenden Grundsätze nennen. Diese heraus zu fühlen, und von ihnen ausgehend den innern Zusammenhang und die Art der Verwandtschaft aller juristischen Begriffe und Sätze zu kennen, gehört eben zu den schwersten Aufgaben unsrer Wissenschaft, ja es ist eigentlich dasjenige, was unsrer Arbeit den wissenschaftlichen Charakter giebt...

La notion d'une "Vollständigkeit" pourrait être comparée avec l'opinion de Neratius à l'égard de la détermination du droit (*ius finitum*) que nous venons de citer plus haut.

Selon Savigny seule une science juridique bien développée jette la base pour la construction solide de l'ordre juridique. Elle le fait prédictible et lui donne sûreté et paix sociale. Selon Savigny, la science juridique est la source principale du droit. Ses idées ont trouvé un très grand écho en Allemagne et ailleurs et se laissent sentir encore de nos jours, par exemple dans la haute estime sociale des juristes, conséquence de la haute place qu'il donne à la "Rechtswissenschaft".

Nous retrouvons un peu plus loin dans le discours de Savigny la notion de "Rechtsanalogie", utilisée plus ou moins comme synonyme avec une théorie générale du droit. Il est frappant que la notion d'analogie a pu obtenir une telle signification.

Enfin, il faut ajouter une nuance, c'est que la relation de Savigny avec le *mos geometricus* pose en soi encore un problème. Nörr réfère dans sa nouvelle étude de Savigny⁴² aux opinions selon lesquelles Savigny n'était plus sous l'influence de la *mos geometricus*. Par contre, le passage que nous venons de citer met ces opinions sérieusement en doute.

Nous espérons avoir démontré que les problèmes éternels juridiques ont été abordés depuis l'Antiquité plus souvent que nous nous rendons compte, à l'aide des méthodes empruntées aux sciences exactes. Mais, avec Savigny nous sommes déjà entrés dans le domaine de la

théorie juridique actuelle. Que l'historien se taise et laisse la parole aux juristes d'aujourd'hui.

Notes

1. Voir e.a. la terminologie de la Loi Universitaire Néerlandaise de 1960, art. 1: het bevorderen van inzicht in de samenhang der wetenschappen.
2. Themis en Clio - Bondgenoten of vijanden; een beschouwing over waarheid in recht en geschiedenis naar aanleiding van de rechtspreuk "lis infitiando crescit in duplum" (de rechtstrijd verdubbelt in waarde, wanneer de gedaagde ontkent), inaugurele rede Erasmus Universiteit, Deventer 1994.
3. Le Monde, Numéro Spécial Juillet 1987 "Le procès de Klaus Barbie".
4. G. Dulckeit, Philosophie der Rechtsgechichte, Heidelberg [1950].
5. Neveu de Savigny, voir K. Günzel, Die Brentanos, Eine Deutsche Familiengeschichte, Zürich 1993, 158 et ss. Il cite Leibniz dans son livre Vom Ursprung sittlicher Erkenntnis, 4me édition Hamburg 1955, 6.
6. C'est aussi la raison pour laquelle la collection fameuse de H. Diels-W. Kranz, Fragmente der Vorsokratiker, I, 6me édition, [Berlin] 1951, 446 et ss., ne contient qu'une collection attribuée à l'école de Pythagore.
7. B.L. van der Waerden, Pythagoreer, Zürich-München 1979, 323.
8. Voir Diogenes Laertius, VZIII, 79; pour les fragments d'Archytas, voir Diels-Kranz, Fragmente der Vorsokratiker I, 421 et ss.

9. E. Wolf, *Griechisches Rechtsdenken*, II, Frankfurt am Main, 1952, 369 et ss.
10. J.A. Stewart, *Notes on the Nicomachean Ethics of Aristotle*, Oxford 1892, réimpr. New York 1973, 424-425.
11. J. Burnet, *The Ethics of Aristotle*, London 1900, réimpr. New York 1973, 215.
12. R.A. Gauthier-J.Y. Jolif, *L'Éthique à Nicomaque*, 2me édition, Louvain-Paris 1970, II, 1, 353-354; I. Düring, *Aristoteles*, Heidelberg 1966, 488 nt 371.
13. Voir aussi le commentaire de W. Hardie, *Aristotle's Ethical Theory*, Second Edition, Oxford 1980, 189-210, qui donne un résumé critique de la discussion antérieure, aussi sur le plan juridique.
14. Max Weber, *Wirtschaft und Gesellschaft*, 5me édition, Tübingen 1980, 563 et ss.
15. Voir M. Kaser, *Das römische Privatrecht*, I, 2me éd., München 1971, 10, n. 13: Für das römische Recht grundlegend: Max Weber, *Wirtschaft und Gesellschaft*...
16. W. Kluxen, *Analogie*, *Historisches Wörterbuch der Philosophie*, I, Basel-Darmstadt, 1971, 214-230.
17. Voir p.e. D. Sedley, *Philosophical Allegiance in the Greco-Roman World*, in: *Philosophia Togata, Essays on Philosophy and Roman Society* (ed. by M. Griffin & J. Barnes), Oxford 1989, 97 et ss..
18. E. Rawson, *Roman Rulers and the Philosophical Advisers*, in: *Philosophia Togata précité*, 235-236; B.L. van der Waerden, o.c., 276.

19. M. Ducos, *Les Romains et la loi, Recherches sur les rapports de la philosophie grecque et de la tradition romaine à la fin de la République*, Paris 1984, 18; 200; 237.
20. W.K.C. Guthrie, *A History of Greek Philosophy I*, Cambridge 1962, 330.
21. A. Steinwenter, *Prolegomena zu einer Geschichte der Analogie*, Festschrift F. Schulz, II, Weimar 1951, 354-363; idem, *Prolegomena zu einer Geschichte der Analogie II: Das Recht der kaiserlichen Konstitutionen*, Studi in onore di V. Arangio Ruiz II, Napoli 1953, 169-186; idem, *Analoge Rechtsanwendung im römischen Recht*, Studi in memoria di Emilio Albertario II, Milano 1953, 105-127.
22. B. Vonglis, *La lettre et l'esprit de la loi dans la jurisprudence classique*, Paris 1968.
23. K. Larenz, *Methodenlehre der Rechtswissenschaft*, 6me édition, Berlin 1991, 359 et ss.
24. H. Honsell, *Der Gesetzesstil in der römischen Antike, "Sodalitas"*, Scritti in onore di Antonio Guarino IV, Napoli 1984, 1659-1673.
25. *Prinzipien des römischen Rechts*, Leipzig 1934, 4; voir H. Honsell, o.c., 1659.
26. F. Horak, *Rationes decidendi, Entscheidungsbegründungen bei den älteren römischen Juristen bis Labeo*, Innsbruck 1969, 242 et ss.
27. L. Winkel, *Error iuris nocet, Rechtsirrtum als Problem der Rechtsordnung, I: Rechtsirrtum in der griechischen Philosophie und im römischen Recht bis Justinian*, Zutphen 1985, 43 et ss.
28. Voir p.e. Code civil, art. 601 et 1728.

29. Voir le texte de l'article 6:228 du nouveau Code civil néerlandais datant de 1992.
30. L'expression $\kappa\alpha\tau' \acute{\alpha}\xi\acute{\iota}\alpha\nu$ se trouve partout dans l'oeuvre d'Aristote, par exemple dans Arist. Pol. 1278 a 20.
31. Voir L. Winkel, Some remarks on the Date of the Rhetorica ad Herennium, *Mnemosyne* XXXII (1979), 327-332.
32. Une élaboration de cette partie se trouve dans L. Winkel, Die stoische oikeiosis-Lehre und Ulpian's Definition der Gerechtigkeit, *Zeitschrift der Savigny Stiftung für Rechtsgeschichte, Rom. Abteilung* 105 (1988), 669-679.
33. Voir P. Maddalena, *Gli incrementi fluviali*, Napoli 1970.
34. Voir *Opera omnia*, Lyon 1510-1511, V, f. 27 et ss. Les manuscrits antérieurs contiennent, eux aussi, des desseins mathématiques, voir p.e. *Bibl. Apost. Vaticana, Barb. lat.* 1398, f. 157 - f. 170.
35. J.A. van Maanen, Over het verdelen van aangeslibd land, *Euclides* 60 (1984-1985), 161-168; J.A. van Maanen, Verteilung angeschwemmten Landes, *Mathematiklehre* 32 (1989), 15-19.
36. U. Manthe, *Das senatus consultum Pegasianum*, Berlin 1989.
37. Walter J. Mays, Die Ulpian-Tafel, *Blätter der deutschen Gesellschaft für Versicherungsmathematik*, X, 1971-1972, 271 et ss.
38. L'oeuvre de De Witt et la thèse de Bernoulli sont publiées maintenant dans: *Die Werke von Jakob Bernoulli*, Basel 1975, III, 290 ss, plus spécialement 314: De modo deducendi quartam Falcidiam ex legato alimentorum ususfructus reddituum, vitalium & c.; à la page 327 et ss.: Johan de Witt, *Waardye van Lyfrenten*, 's-Gravenhage 1671.

39. P. Koschaker, *Europa und das römische Recht*, 4me édition, München 1966, 250; R. Stintzing - E. Landsberg, *Geschichte der Deutschen Rechtswissenschaft*, III-1, München-Leipzig 1910, 286 et ss.
40. B. de Spinoza, *Ethica ordine geometrico demonstrata*. L'oeuvre fut publiée après sa mort.
41. o.c., 22.
42. D. Nörr, *Savignys philosophische Lehrjahre*, Frankfurt/M 1994, 305 et n. 56.

LAUDIATIO MARC DE MEY

F. Vandamme

I feel honoured and pleased to give this laudatio at the occasion of the awarding of the Sarton Medal to Marc De Mey for his outstanding work, publications, research and education concerning the philosophy and history of sciences.

In a laudatio, traditionally one describes the quality of the work, its genesis and motivation and the human being hidden in the researcher. In fact, we want to do that be it through the elaboration of some symbolic aspects and dates.

It was about 15 years ago (1981-82) that Marc brought up the idea of the Sarton Centennial 1984. The board of Communication & Cognition reacted with enthusiasm and realized a congress with participants and contributions from all over the world. During this congress Mr. Liebaert, M. Thiery, rector Cottenie and the board of Communication and Cognition conceived the idea of a more stable and continuous honouring of the person and work of George Sarton : the Sarton Memorial Chair of the University of Ghent was founded and the Sarton Committee implemented. With Prof. M. Thiery as its chairman the Committee has succeeded in coralling an impressive group of chair holders en medal holders. Moreover, the Committee succeeded in giving an impetus to the study and research of the philosophy and history of science, internationally and locally.

It was about 30 years ago that Marc De Mey and I went to the United States, to Harvard and MIT, as young alumni of the University of Ghent with a Piagetian-Apotelean perspective, to do research concerning the cognitive and communicative processes and interactions. Once back at Ghent, uncountable hours of discussion lead the basis for the founding of the workgroup Communication and Cognition and its journal Communication and Cognition which has grown to a

widely respected international journal.

I must add that the Sarton interest was not a deviation from Marc's basic interest in cognitive and communicative processes. It was rather the explicitation of an implicit dimension of his interest. Not only the synchronic study of cognitive and communicative structures are and were important to him. Also the diachrony, the genesis, and the genesis of the scientific constructions and theories in view of their understanding were important. Sarton is here without doubt complementary to the Piagetian thought. For sure, the genesis is important for Piaget too, but this thought was perhaps still too implicit, and too synchronic so that a true diachronic approach was needed and symbolized in Sarton. Later on we find in De Mey's work the tendency to make more explicit still (and characteristic of the Piagetian thought) the actional component in the cognitive and communicative processes. Here probably the Aposteleian development, in giving priority to the *actional application as a motor to achieve structural change* in a Piagetian, Whitehead perspective, will have influenced him too.

In this actional application perspective, the principle that even viewing is based on action [moving of the object, moving of the instrument i.e. the eyes] may be at the basis of De Mey's intensive and successful use of multimedia and slowly but surely integrating virtual and augmented reality technologies in his study of understanding cognitive and communicative processes. The application area selected (art) is another symbolic element, which throws a vivid light on the person within the scientist.

Finally, we believe that his basic openness for developments in the world is also very illuminating. He too has had his opening to the Asian cultures. In first instance by bringing his ideas and theories to this world in publications and teaching, but also with an open mind for the Asian tradition, perspective and potential contributions to the evolvment of a better and more performant science.

It is also interesting to mention that Marc De Mey in his Science of Science approach, always was very strongly in favour of a

complete separation between the evaluation of a scientific work and its social targets and merits. Nevertheless, as a person he had always a very strong social and human engagement, in the largest sense. He helped individuals to realize their personality, even if these realisations are not that evident. This humanistic aspect of Marc is less well known than his scientific work, but certainly complementary to it.

But besides these lines on the development of his work and personality, we must mention some constants in De Mey's scientific work : the use of bibliometric and bibliographic tools for the cognitive approach to science, his intensive work and application of the "Eye" on the cognitive processes, and his precise and cultivated language and style.



LATE MEDIEVAL OPTICS AND EARLY RENAISSANCE PAINTING

Marc De Mey

According to Gombrich in his famous 1964 paper on "Light, Form and Texture in Fifteenth Century Painting", "during the first decades of the fifteenth century, the two schools of painting (the Italian one in the South and the Flemish one in the North) ... divided the kingdom of appearances between them" (p. 20 in the version reprinted in *The Heritage of Appelles*, 1974). The Italian school excelled in the rendering of volume and space while the Flemish school specialised in the rendering of texture and reflections. By the second half of the fifteenth century, the two orientations had mutually assimilated each others achievements and the techniques of both groups became part of the standard procedures of painters from both North and South.

Gombrich traces the Italian tradition back to a revival of classical rules for modelling, taken up again and augmented by Giotto. However, Van Eyck's fascination with highlights and mirrors should be considered a spontaneous innovation. Being farther away, the North did not have the close confrontation with the remnants of classical culture and the suggestive examples that the Italians faced. Remaining out of the grip of the classical approach, there was more room for original exploration and experimentation.

In Gombrich's asymmetrical approach, almost no attention is paid to the possible influence of science. Late medieval science however provided descriptions and explanations for a wide range of optical phenomena, including a theory of vision, various sorts of mirrors and various effects of refraction, together with some astronomical issues. The societal importance of this optical doctrine that evolved primarily

in the second half of the 13th century can be inferred from the references made to it in major literary productions. In the South, various allusions and direct references were made to it in Dante's *Divina Comedia*, written more or less concurrently with Giotto's achievements in the beginning of the 14th century. In the North, the Canterbury tales of Chaucer equally demonstrate the topical nature of the optical issues and authors. Chaucer is supposed to have written these tales between 1384 and 1400, a few decades before the major breakthrough of linear perspective in the work of Donatello and Masaccio. It is not too implausible to assume that artists were familiar with the names of popular scientists and that painters in particular had some interest in the doctrines of these authorities when they touched upon issues pertinent to their own trade: the representation of the visual world.

If we could assume some acquaintance of the painters with their contemporary science, innovations such as Van Eyck's meticulous preoccupations with mirrors and reflections would be less surprising. The discussion of mirrors constituted the bulk of themes in optics and some central problems related to them already end up in scenes of Dante's masterpiece. A section of *Paradise* has a discussion of the transmission of the strength and the size of images transmitted through mirrors at various distances. A 15th century illustration by the Sieneese painter Paolo indicates that painters were indeed interested in scientific issues.

When looking at innovations in art such as Masaccio's mastery of perspective or Van Eyck's exploration of texture and reflection, it seems indicated to include possible influences from science, in particular from a discipline such as optics which apparently enjoyed a certain popularity. Therefore, we propose to review the innovations of both Masaccio and Van Eyck in terms of the optical knowledge we can reasonably assume to have been accessible to them. It could be that the difference between South and North is less pronounced than Gombrich assumes and that it is more a matter of choice amongst the different chapters of a standard scientific doctrine. We will explore the issue along the following lines:

- First, an exploration of the differences between Masaccio and Van Eyck;
- Secondly, a determination of the optical knowledge that was possibly and probably available to both;
- Thirdly, an exploration of their major achievements in terms of straightforward applications of concepts or methods from optical science.

Preliminary exploration of differences between Masaccio and Van Eyck

Masaccio and Van Eyck are, for all practical manners, contemporaries. Comparable major works of both are executed between 1425 and 1432. Masaccio's *Trinity* in the Santa Maria Novella church in Florence exhibits structural and thematic correspondence with Van Eyck's *Mystic Lamb* (Fig. 1).

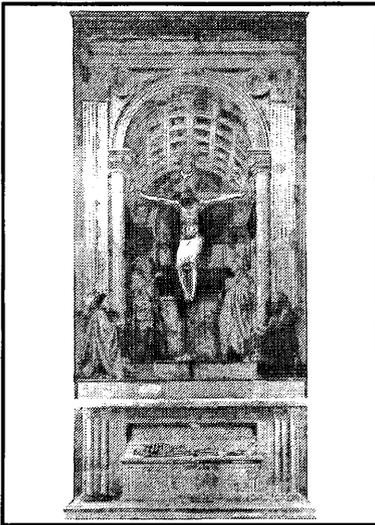


Figure 1

The *Mystic Lamb* panels were originally referred to as *Joos Vijd's tables* (Dierick, 1995), according to the name of the donator. They might have been conceived of and started as early as 1420 by Jan Van Eyck's brother Hubert (Fig. 2).

While Masaccio's *Trinity* is one single large fresco, Van Eyck's *Mystic Lamb* is an altarpiece containing about 20 panels. It can be claimed that both depict the Holy Trinity as central theme.

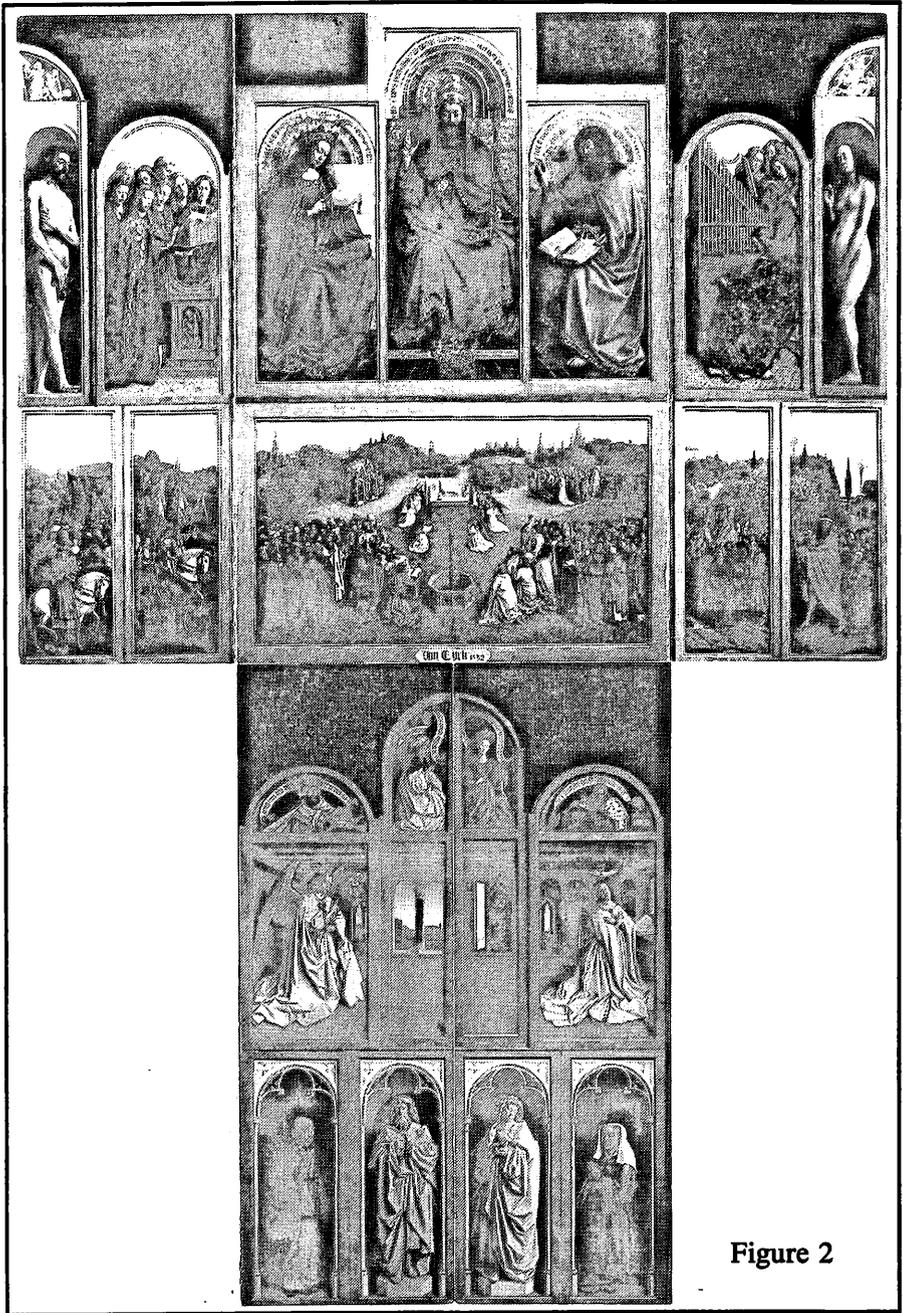


Figure 2

With respect to Van Eyck, there is some ambiguity whether the reigning deity represents either Christ or God the Father. When opting for God the Father, in combination with the Dove present on both paintings, and the Lamb representing Christ, Van Eyck's masterpiece is as much focussed on the Trinity as Masaccio's. The deities are accompanied by the Holy Virgin and Saint John, the apostle in Masaccio's fresco, the baptist in Van Eyck's panel. John the Baptist was the patron saint of the church for which the panels of the big altarpiece were ordered. Today the church has the status of a cathedral and is dedicated to Saint Bavon. In Van Eyck's time, it was Saint John's church. Both paintings also contain on the sides the portraits of the donators. They provide convenient material for comparison although we might need to look at other works as well to explore the full range of Gombrich's statements about these leading representatives of the Southern and Northern school.

Are the differences between them easily detectable? Maybe, the difference in tonal range is not so pronounced when comparing the representations of the two donators in both Masaccio's *Trinity* and Van Eyck's *Mystic Lamb* (Fig. 3, a and b).



Figure 3 a



Figure 3 b

Neither is it very obvious when comparing the faces of God the Father in both works. (Fig. 4, a and b).



Figure 4 a



Figure 4 b

It becomes more pronounced in a comparison between the two saints John, where the sculptural qualities of Masaccio's depiction become apparent. (Fig. 5, a and b).



Figure 5 a



Figure 5 b

And despite the damaged condition of Masaccio's Holy Mary, in the comparison of the black and white representations, it seems indeed to be the case that he uses a subtler and wider range from white to full dark than Van Eyck. In this, however, Masaccio tends to blend highlights and illumination, two different qualities which Van Eyck carefully keeps apart. (Fig. 6, a and b).



Figure 6 a



Figure 6 b

Though Masaccio's capacity for modelling is especially prominent in the heads and faces of the figures in his Brancacci chapel scenes, also his *Pisa Madonna* with child and angels, now at the National Gallery in London, demonstrates his eagerness and ability to exploit spatial characteristics of individual objects as well as of entire scenes. (Fig. 7)

The use of lightfall is emphatically present in the patch of light on the upper right wing of the throne. Also, the light from behind the throne contributes to a sculptural presence of the object. If we compare Masaccian figures with some of Van Eyck's, the volumetric composition of the Child seems superior to its symbolic counterpart: the Lamb. However, the woolly skin of the latter allows for more virtuosity on



Figure 7

texture than on volumetric shape. However, a comparison is not fair since Van Eyck's Lamb-figure has undergone deforming restorations.

More of Masaccio's modeling can be seen in the two angels consistently lighted from the left in their different poses. Furthermore, two identical musical instruments seen in different orientations allow the painter a brilliant demonstration in foreshortening. (Fig. 8, a and b).

Again, the faces of Van Eyck's counterpart figures, the singing and music playing angels, might seem somewhat flatter. Is Van Eyck



Figure 8 a



Figure 8 b

less daring in handling chiaroscuro or is it because his handling of texture is stealing the show? (Fig. 9).

Masaccio too can handle texture as is demonstrated in the golden aura behind the head of the Virgin Mary and the gossamer veil that covers her cap. As with modelling, Masaccio's handling of texture might be even more austere, going only after the essentials. But this is not supporting the claim made by Gombrich that texture is the specialty of the North. Another contemporary of Van Eyck, such as Gentile da Fabriano, also illustrates that painters of the South are capable of observing the fine structure of textiles and the way it can be revealed by light. However,



Figure 9

Gombrich points to an important difference when indicating that the Italian painters use light and reflection only to reveal the structure of the object whereas Van Eyck seems as much interested in the light itself as in the object. At times, the object is primarily used to depict the light, and the structure or content becomes a secondary matter. Compare the stola's on Fabriano's *Saint Nicolas* and Van Eyck's *Saint Donatian* in *the Virgin and Child with canon van der Paele* (Fig. 10, a and b).

While both show careful attention to the microstructure of the fabric and the revealing qualities of gold fiber, only Van Eyck dares to give priority to the incidence of light at the expense of a homogeneous rendering of the depicted figure or scene. Some of Fabriano's figures wear clothes similar to some of Van Eyck's figures, richly decorated with gold and jewels. Although there is a subtle indication of the enchanting influence of reflection, there is not this pertinacity of following through on the behavior of light that is so typical of Van



Figure 10 a



Figure 10 b

Eyck. Clearly marked highlights are almost absent from the eyes of either Fabriano's or Masaccio's figures. Van Eyck traces them consistently and represents them meticulously. It is not so much the representation of texture as the dedicated rendering of highlights that seems to be a distinctive feature of Northern versus Southern painting. From where this preoccupation with reflection?

Perspectiva as a popular scientific discipline in the 15th century

Several kinds of hypotheses are conceivable for explaining the preoccupation with reflection and refraction so characteristic of fifteenth century Flemish painting for which Van Eyck provided such a spectacular onset.

Gombrich, as mentioned, refers to the tempering influence of classical art in the South. For the Italians, this kept the sense for measure and control intact, even when novel approaches and techniques were explored. The North, lacking the presence of classical examples, was also lacking the moderation that that culture could

provide and therefore it could indulge more wildly into the exploration of spectacular brilliance and superficial glitter. Could the lack of constraints be sufficient to explain the thoroughness and perseverance with which reflection and refraction were traced by Van Eyck? Is this fascination with peculiar aspects of light to be reduced to gothic exaggeration?

As indicated before, optics as a science developed in the thirteenth century, known as "perspectiva", was also popular outside of scientific circles. We mentioned Dante and Chaucer as famous literary personalities who referred to it. We also pointed out that in the fifteenth century, Giovanni di Paolo, a Sieneese painter working during the same period within which Van Eyck was active, made illustrations for Dante's *Divina Comedia* indicating that painters too were familiar with some specific theorems of optics as a discipline. That painters were indeed expected to have some acquaintance with such science is also reflected from Bartolomeo Fazio's contemporary praise of Van Eyck as someone well conversant with both "letters and geometry" (see Panofski, 1953, p 361). In the tradition of Euclid's and Ptolemy's optics, perspectiva was mainly developed as a geometrical discipline. It is plausible to assume that Van Eyck's "geometric" competence touched upon this discipline in particular. As demonstrated through Ghiberti's eagerness to master it, a few years after Van Eyck's achievements, it was of direct concern to artists in general and to painters in particular. At the end of his career, the sculptor Ghiberti went through a tedious study of the discipline, assembling an impressive collection of notes indicating what he could make of it (for Ghiberti's *Third Commentaries*, see translation and commentary in Bergdolt, 1988). What can one reasonably assume to have been accessible as semi-popular account in the first half of the 15th century? Obviously, the notes of Ghiberti constitute an interesting entry, but given his close adherence to the 13th century text of pioneers such as Pecham and Witelo and even the Arabic founder of the discipline Al Haytham, it seems more indicated to look for more contemporary texts.

A manuscript bearing the label of *Riccardiano 2110* of the Biblioteca Nazionale of Florence, published by Parronchi as *Della*

Prospettiva in 1991 and assigned by him to Toscanelli, seems a reasonably reliable source for a view on a 15th century semi popularized version of *perspectiva* as a science. Though its ascription to Toscanelli can be seriously debated (De Nil, 1995), its 15th century origin is relatively certain so that, even if from an unknown author, it can be seen as a fair description of an introductory text in *perspectiva*. It is indeed phrased as a popular account, meant to introduce an interested layman into the basic concepts of this science. In this sense, it is equally fair to assume that a famous and well paid court painter as Van Eyck, who frequented a cosmopolitan community of diplomats and scholars, either at the court or on his travel assignments, should somehow have come in touch, in one form or another, with these concepts.

Accepting the Riccardiano 2110 manuscript as representative of the 15th century popularized science of *perspectiva*, what are its central themes?

The structure of the 15th century popularized account is not markedly different from the structure of classical texts on optics or *perspectiva*. It follows the skeleton established by Ptolemy, starting with an account of the process of vision, be it less anatomically explained than in the authoritative texts. Then it deals at large in a standard fashion with planar and spherical mirrors, both convex and concave. Finally, it discusses the issue of refraction. The treatment is not revolutionary new, but it seems more condensed and original than Ghiberti's *Third Commentaries* which, as indicated, are largely taken over from texts of 13th century perspectivists or even earlier ones like Al Haytham. Furthermore, it contains an interesting set of drawings, some of which could have an appeal to painters as particularly clear illustrations of surprising and controversial claims of science. Again, it should be understood that in no way it is to be suggested that a painter like Van Eyck had access to this particular version of "*perspectiva*"! It remains an isolated manuscript addressed to a specific reader and probably written in the second rather than the first half of the 15th century. Nevertheless, what it offers is a representative view on concepts and images probably accessible and possibly on occasion

debated by artists in the fifteenth century. A few representative theorems and figures should indicate the kind of suggestive images and ideas the doctrine of *perspectiva* could contain.

The visual cone

The treatment of the process of vision is organized around the pivotal concept of the visual cone. Perceiver and perceptual object are connected by a bundle of rays constituting a cone of which the top is located in the eye of the perceiver while the base coincides with the contour of the perceived object. (Fig. 11)

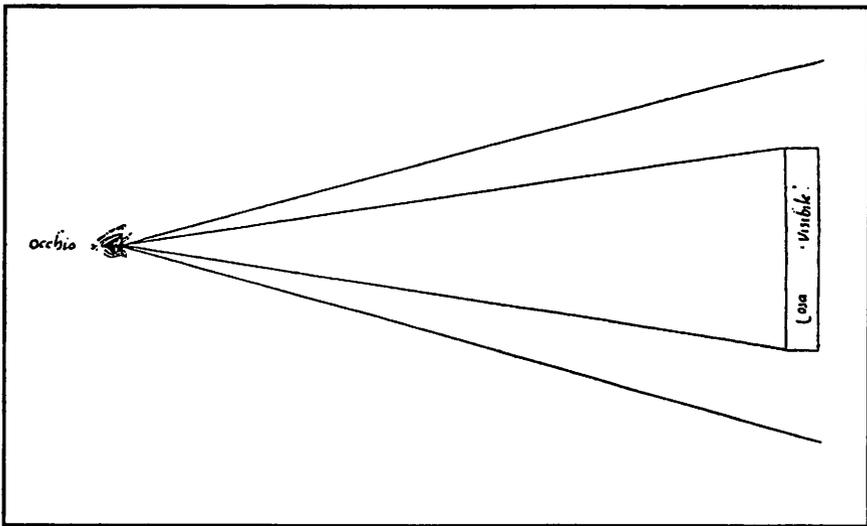


Figure 11

The pattern of rays converging upon a single point can apparently be misleading. When inversely applied to the radiation of light from a luminous body, rays are shown as originating in a single center rather than radiating in all directions from every point of the surface of the body (as shown in Ghiberti's superior scheme quoted in Bergdolt 1988, p 12 (Fig. 12).

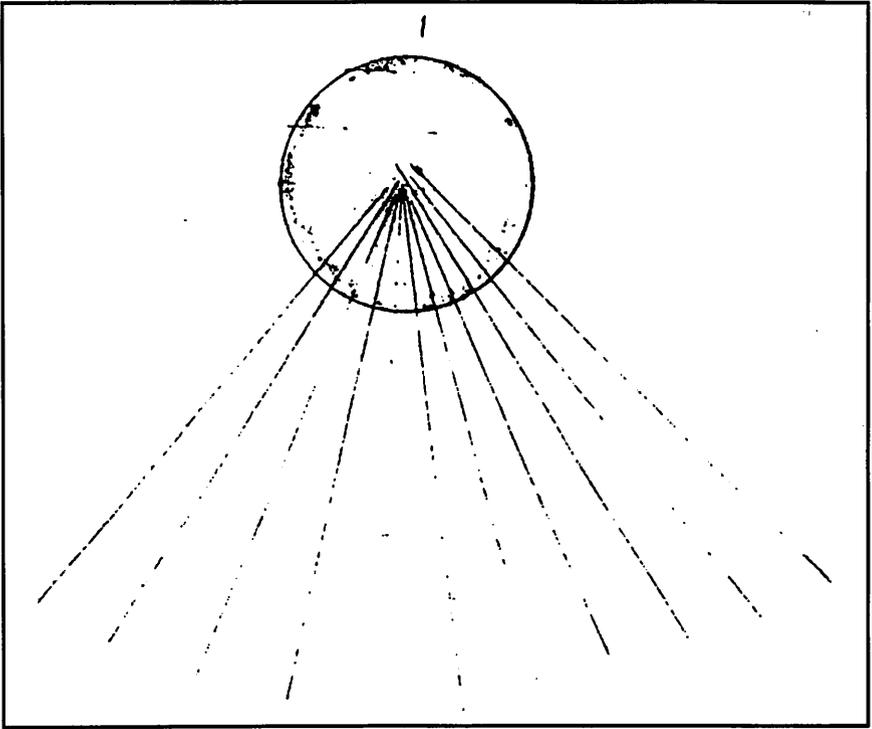


Figure 12

This confusion between a single point source and the cone of rays originating in every point of a luminous surface is possibly due to the illustrator rather than to the author. Would it be typical of a kind of degradation induced by popularization?

The circular square

The Euclidian concepts of visual cone and visual angle have obvious applications in explaining the perception of size and the degree of detail with which a visual object is seen. A qualitative extension of this principle leads to the rather remarkable Euclidian claim that a square seen from a distance will look like a circle. Our fifteenth century author emphasized that this only applies for really big distances (Fig. 13).

The circle evoked by a torch in an orbit

How there can be the perception of a circle without a genuine circular object is argued and illustrated with the case of a torch rapidly swing in a circular pattern. The drawing depicts how the visual cone of a circle is evoked by the images of the various sequential positions of the torch which are refreshed each time again before they can die away (Fig. 14).

The coin in the cup

Another Euclidian theme is related to refraction for which the mathematician designed simple but convincing experiments. An experimenter puts a coin in an empty cup and then reclines until the coin is out of sight for him. Then an aide fills the cup with water and although the experimenter has carefully remained on the position from where he could no longer see the coin, he can now see it again because of refraction (Fig. 15).

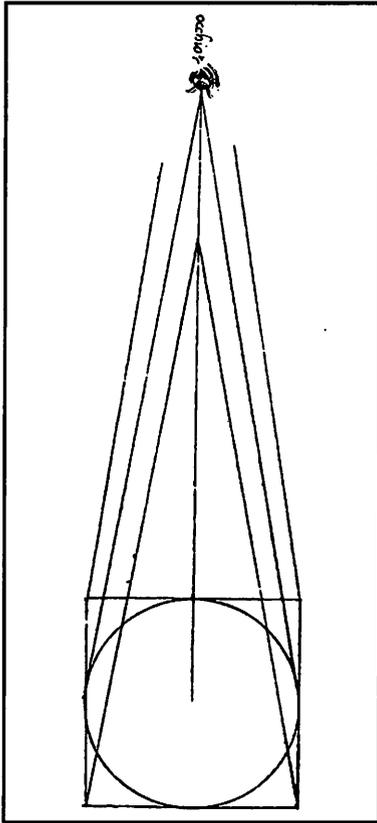


Figure 13

the coin, he can now see it again because of refraction (Fig. 15).

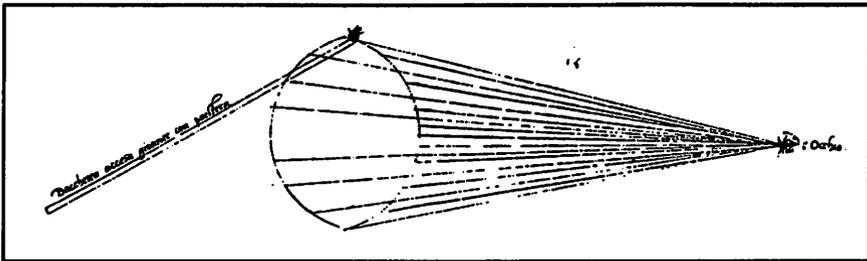


Figure 14

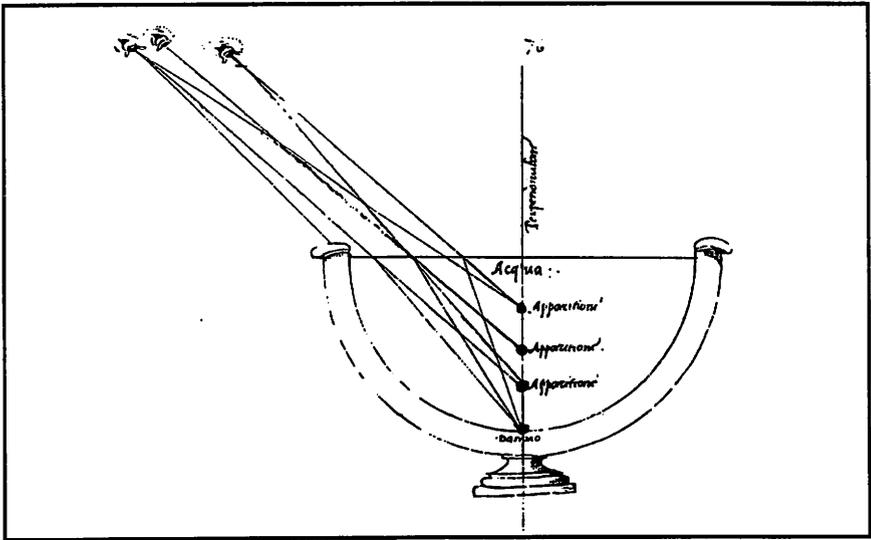


Figure 15

With a transparent vessel, a similar situation explains the double image of a cherry in a glass (Fig. 16).

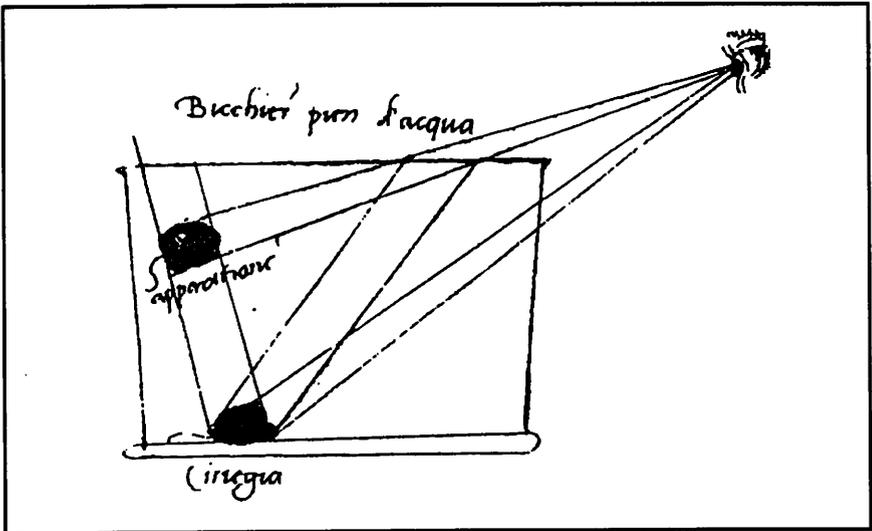


Figure 16

Luminous qualities of a chandelier

Refraction is equally evoked in explaining the use of intervening media in amplifying and distributing the light from a single (point) source. A chandelier encompassed by glassy arms in the shape of a semi-circle and filled with water is expected to enlighten the room through division and recombination of light. An angular structure of the arms which will evoke even more diffraction or sparkle might even be a better lighting instrument (Fig. 17, a and b).

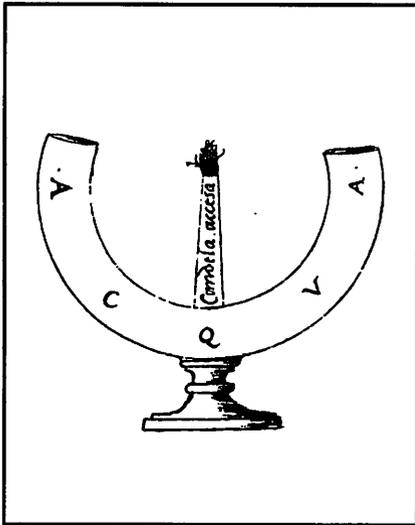


Figure 17 a

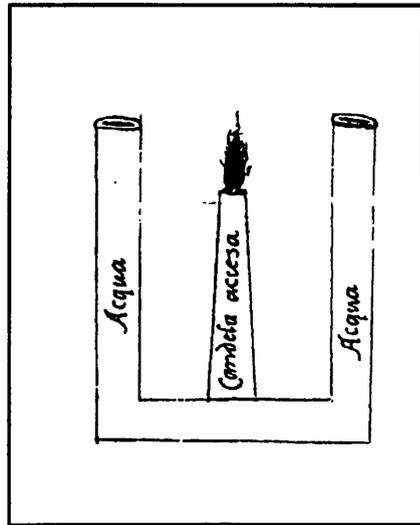


Figure 17 b

The burning glass

In the explanation of the chandelier, it is stressed that to increase the efficiency, the device should be constructed so as to allow more rays to converge upon a single point. A burning glass in the shape of a sphere filled with water can apparently refocus the rays of the sun in such a way as to light up a candle. Again, the misleading symmetry of diverging and reconverging rays derives from handling the sun erroneously as a point source of rays (Fig. 18).

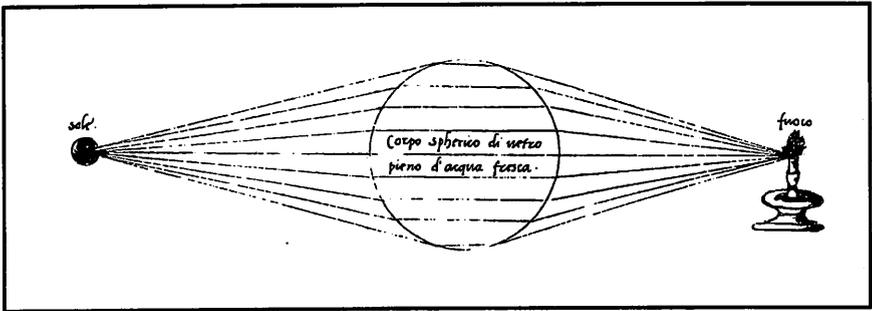


Figure 18

Refraction and eye glasses

How refraction produces an enlarged image of an object is equally illustrated by a diagram showing the passage of rays through optical media of different density. The more dense material is not depicted in the shape of an eyeglass but the accompanying text clearly explains the functioning of eyeglasses as an effect of refraction. (Fig. 19)

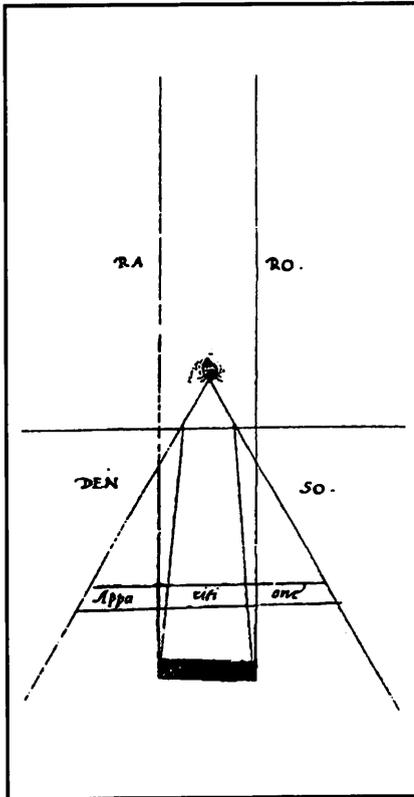


Figure 19

The inverted image in a planar mirror

In perspectiva texts, the bulk of theorems and illustrations is devoted to the study of mirrors. A simple scheme explains how a planar mirror provides an inverted image. Such a mirror, lying

flat on the ground, will show a tower upside down, the top being seen as farthest away from the viewer. (Fig. 20).

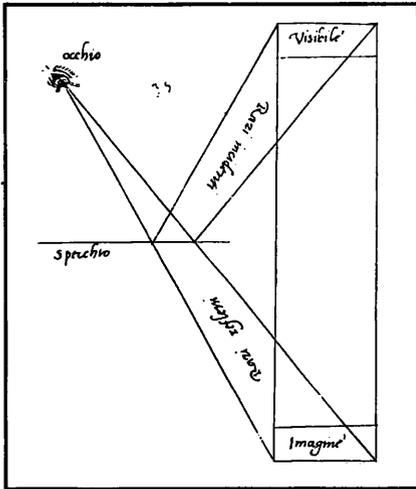


Figure 20

viewer location dependence for a number of interpretations. (Fig. 22).

The shape of shadow cones

A recurrent scheme to account for the formation of shadow cones is present in a comparison of relative sizes of light sources and the object intercepting the cone of rays. The shape of shadows is not systematically dealt with as this is the outcome of a complex interaction between the shape of the light source, the shape of the object producing the shadow and the shape of the object on which the shadow is projected. (Fig. 23).

The image in a spherical mirror

The problems of spheric mirrors constitute the most substantial part. Before the distinction is made between convex and concave mirrors, a more general discussion deals with the reduced sizes of the image and the degree of curvature of the mirror. (Fig. 21).

Also the point is emphasized that the outcome of an observation in a mirror always depends on the location of the viewer. A complex scheme indicates the

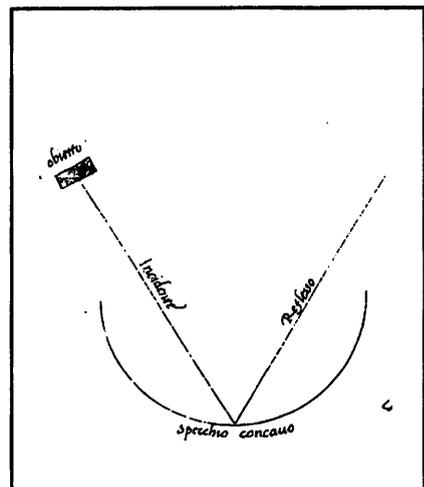


Figure 21

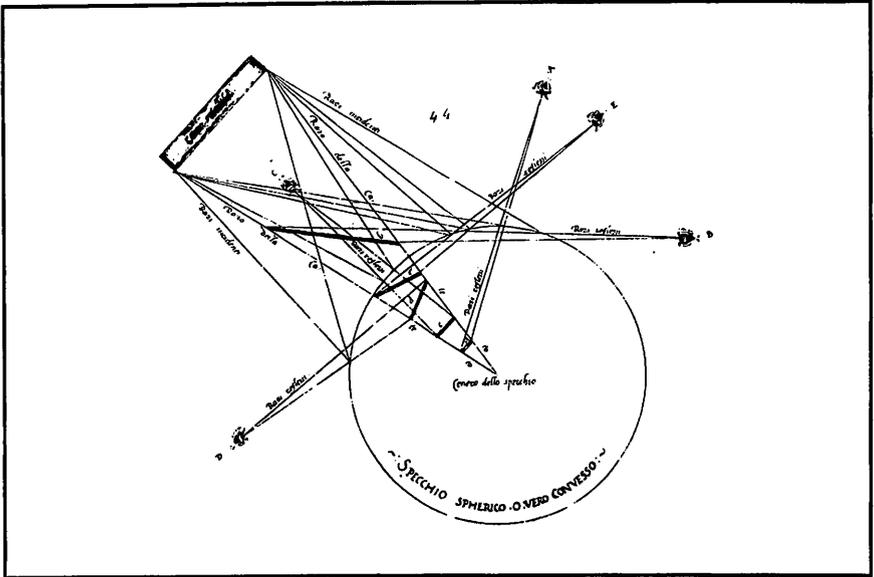


Figure 22

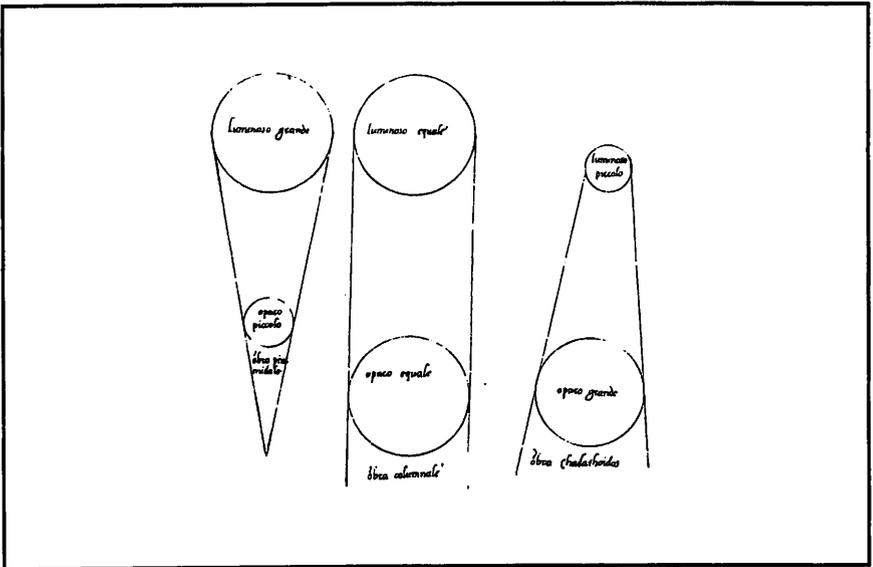


Figure 23

Distinct optical options with Masaccio versus Van Eyck

A closer look at a few representative achievements of both Masaccio and Van Eyck will reveal a difference in their adoption of the various chapters of classical optics or perspectiva. Masaccio manages to control the visual cone and intersects it to intercept the image on the way from the scene toward the eye. Van Eyck traces the trajectories of lightrays in their bouncing path on surfaces and mirrors and in the bending they undergo when passing through different media. Masaccio focusses upon what can be learned from the standard opening chapter, describing the eye and the direct visual process. Van Eyck includes the indirect vision of the more complicated chapters further on, dealing with the process of seeing as it is affected by the reflecting surfaces and refracting materials through which the rectilinear lightrays reach the eye. Both are apparently working along lines suggested by the science of perspectiva, though with differing sensibility.

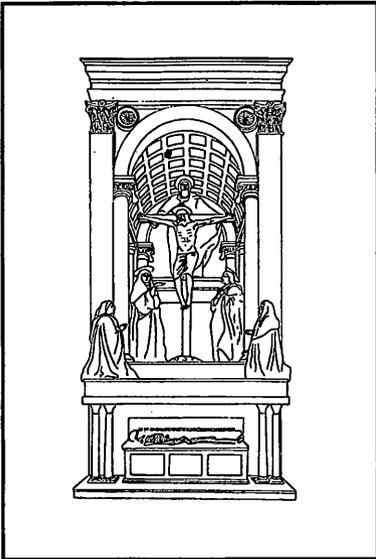


Figure 24

Masaccio's achievement with linear perspective

Besides his Donatellian sense for sculptural quality and dramatical tension, Masaccio is particularly famous for what is considered the oldest surviving painting which demonstrates perspective in the modern interpretation of today. While there have been earlier demonstrations by Brunelleschi (around 1413, two lost panels) and Donatello (1417), his *Trinity* fresco from around 1425 remains the achievement that proved both mathematically coherent and observationally convincing in establishing a genuine experience of space. (Fig. 24).

Some authors have claimed that the mastery of linear perspective is the pivotal breakthrough of science within art. For Santillana (1973), it means even the onset of the scientific revolution because it results from a solid bond between sensory experience and mathematical principles. For our purposes, it is sufficient to indicate that linear perspective as elaborated by Masaccio is mainly the idea of the visual cone followed through to the conception of the picture plane as a cross section through the cone. A century later, around 1515, Dürer has depicted the practical means for obtaining it by means of a rope with a fixed anchor point in the wall. (Fig. 25)

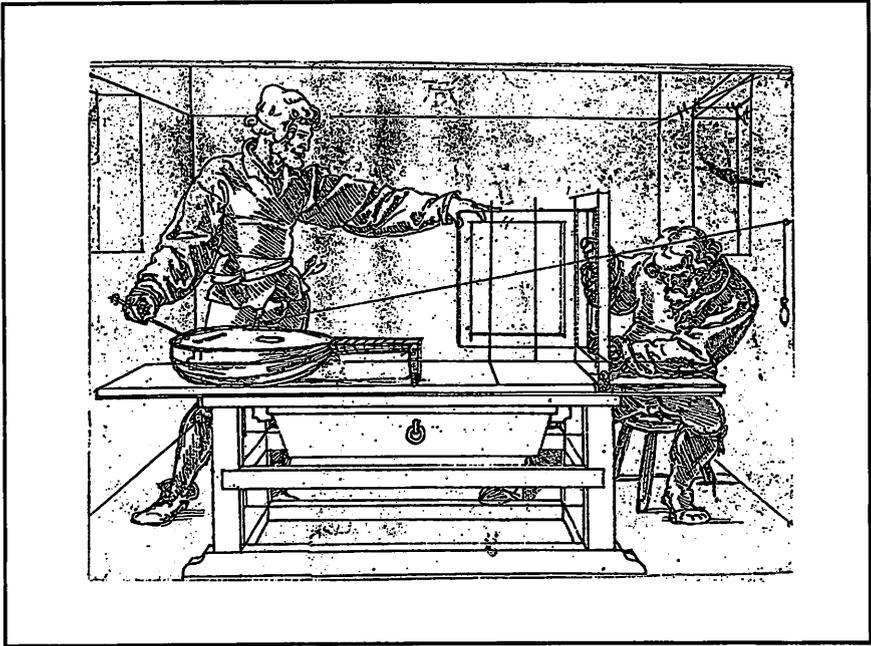


Figure 25

Elsewhere, we have indicated how indeed Masaccio's 2D fresco contains sufficient data to allow for a 3D computer reconstruction (De Mey, 1995). The endeavor is not entirely unambiguous and, as the plans proposed by several art historians suggest, several alternatives

exist. Nevertheless, whatever depth is agreed upon (one of the issues debated), the prevailing notion remains the visual cone. (Fig. 26)

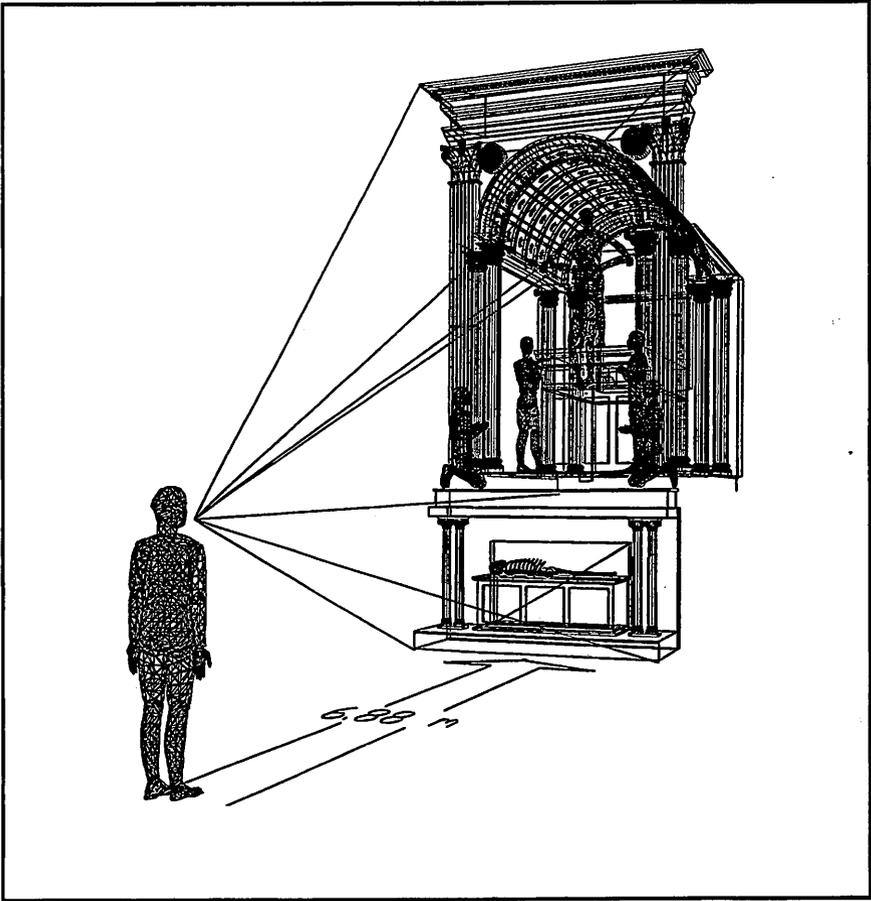


Figure 26

With the assimilation of the visual cone into a sophisticated geometrical technique for drawing and painting, Masaccio integrates only the introductory part of the classical doctrine of the *perspectiva*, established 150 years earlier. As indicated above, the most substantial part in any treatise on vision of late medieval origin is concerned with

reflection and refraction. Compared to Gombrich's asymmetrical approach, it seems at least equally plausible to explore whether the developments in Italy and Flanders could not be considered more symmetrically as alternatives in the choice among the chapters of optics.

Van Eyck's preoccupation with reflection and refraction

From the outset, it should be clear that there is no frenetic adherence to the principles of science among our artists, neither for linear perspective nor for reflection or refraction. One can hardly find in Van Eyck a straightforward application of the Euclidian principle that "Seen over a large distance, a square appears as a circle". For him, perceptual features do not deteriorate over distance, although they change character in many subtle and detailed ways. Consider the central castle far away in the midst of the river depicted in *The Virgin Mary and Chancellor Rolin*. (Fig. 27)

When looked at from close by, the black dots representing the windows are not perfectly rectangular. Their rounded shape is probably not an intended effect for illustrating an optical principle but probably due to natural limits of human dexterity. That the windows are just calligraphic touches of paint, steadily applied in one single stroke, should be apparent once one realizes that the representation of the entire castle is only 16.5 mm wide and, reflection in the water included, 24 mm or about 1 inch high. Notice however how carefully Van Eyck observes the different visual angles under which the central tower of the castle is seen in comparison to its reflection in the water. As the view is from above, the representation of the tower encompasses a larger angle than the representation of its reflection in the water (while respecting all along the principle of angle of incidence equaling angle of reflection and Euclid's famous theorem 10 with respect to a non orthogonal section through the visual cone).

Light source and highlights in Ghent Altarpiece

To illustrate the optical problems that Van Eyck really cares

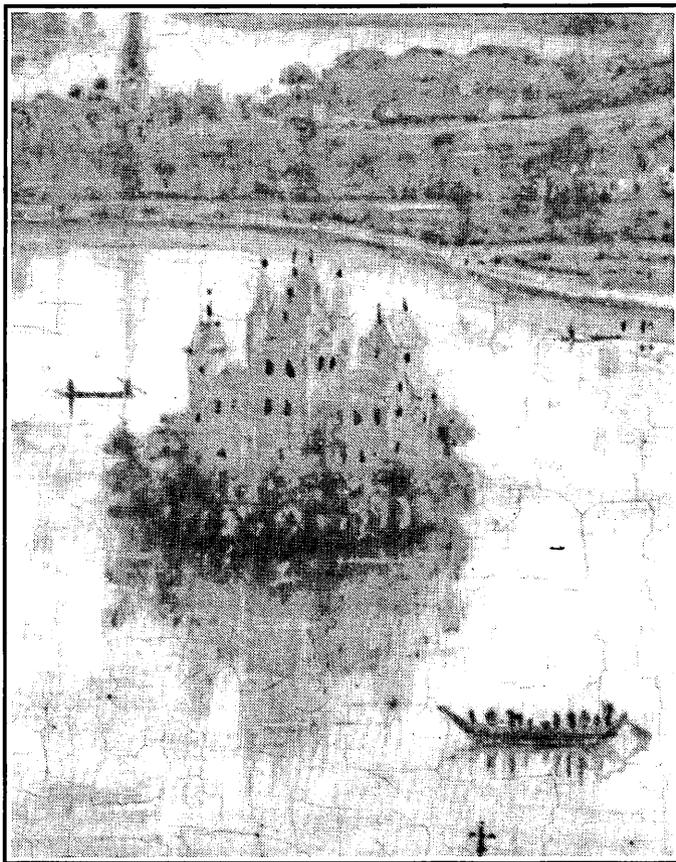


Figure 27

about, we should indicate some of the lighting aspect of the Ghent altarpiece. The original location of the Van Eyck altarpiece is not the location where it is currently shown to the public. The current location is in a room of the tower part at the entrance of the cathedral, used until recently as a baptistry. That tower construction was added to the building in the second half of the 15th century, several decades after Van Eyck's panels had been executed.

The original location for the Van Ecyk altarpiece was in one of

the chapels built around the Gothic choir of church in the late 14th early 15th century, a few decades before the painter received the assignment. The chapel bears the name of Van Eyck's patron: it is the Joos Vijd chapel located on the South side.

The Gothic Saint John's church was built on the foundations of a Romanic church of the 12th century. In the 13th century, plans were made to enlarge the church along the lines of a Gothic building. In the midst of the 14th century, a Gothic choir was more or less superimposed upon the Romanic structure. The Vijd-chapel was the most Southern one of a series of side chapels to be added in the second half of the 14th and the beginning of the 15th century. In plan, the first enlargements of the church were the two sides and the top of the choir. The additions which were to contain the Vijd chapel were the side chapels around the apse. By the time Van Eyck received his assignment, only the choir with its large side chapels had been completed. The constraints within which he had to work were an irregular pentagonal room with the eastern wall available for his panels. The panels would be facing west and for a viewer standing in the chapel looking at them, would receive light from two windows, one facing to the south and one facing south west. The baroque fence which now separates the Vijd chapel from the main choir area was absent, so that the panels could be completely opened.

Having a view upon the situation of the panels and the light sources in the chapel, it is now possible to indicate how Van Eyck attempts to integrate the chapel windows into his painting. (Fig. 28)

Highlights on the eyes

In general, the eyes of all depicted human figures on the various panels, looking toward the window exhibit highlights. Those looking toward the other side lack them. The figures of Adam and Eve provide a clear illustration of this. Adam faces the window and has the reflection shown on his eyes. Eve looks into the other direction and has none. The optical explanation is straightforward. The highlights on eyes consist of the reflection of the light source on the spherical

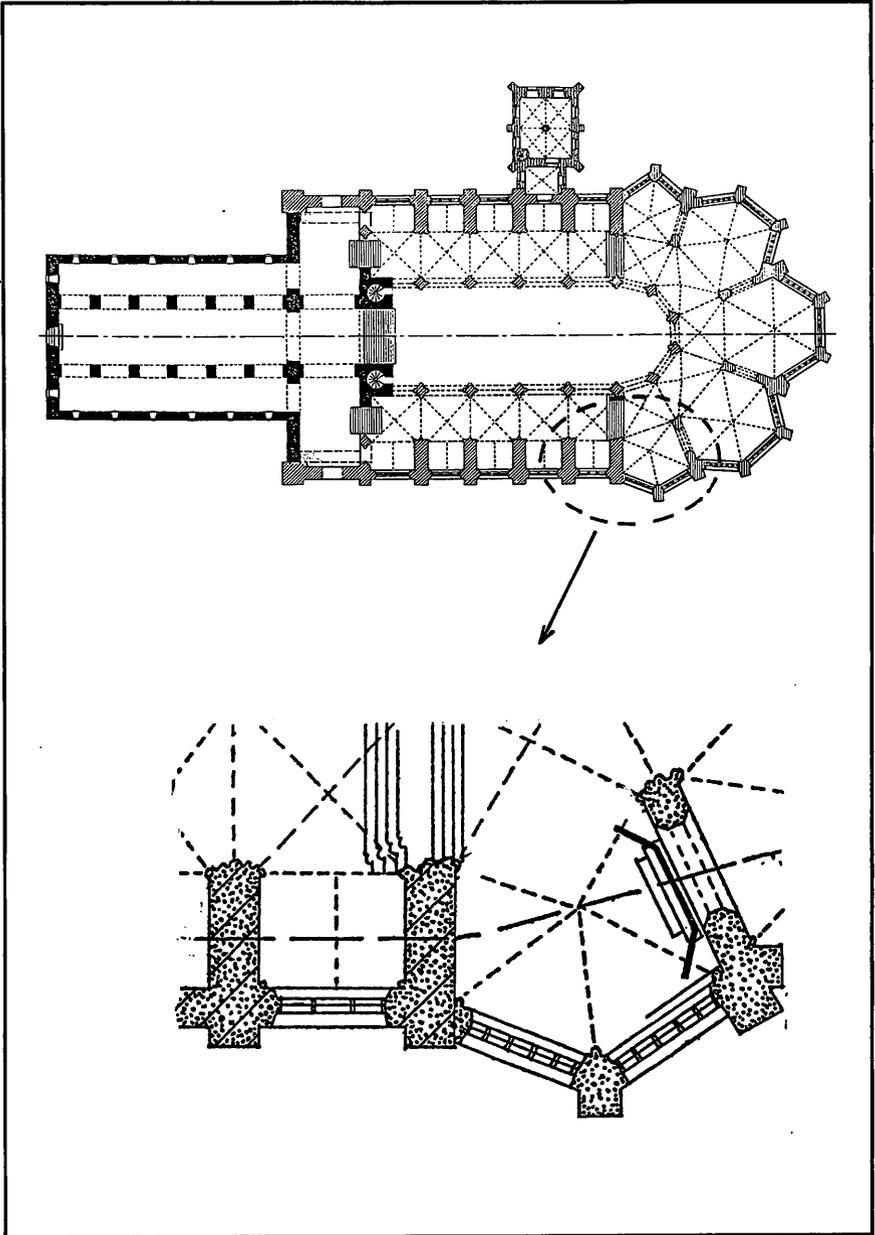


Figure 28

surface of the eyeball. Their understanding requires the straightforward application of the theory on spherical mirrors. From the way Van Eyck handles the location of the highlight with respect to the pupil according to the orientation of the eyeball, one can infer that he is fully aware of these optics. (Fig. 29, a and b)

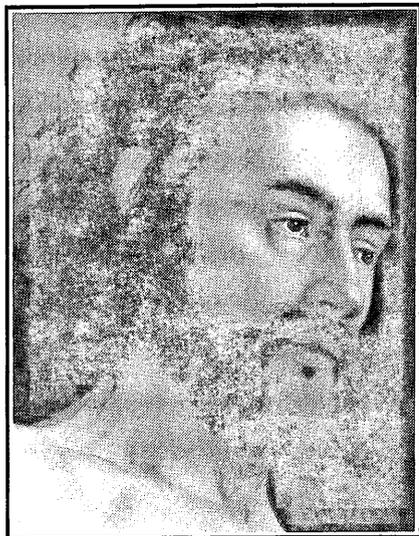


Figure 29 a

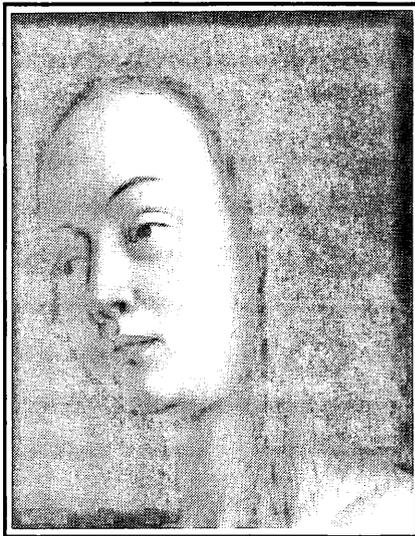


Figure 29 b

Localisation of highlights on jewels

Also in numerous spherical pearls, the highlights are consistently placed as genuine reflections of the light source. In the Ghent altarpiece, this source is to the right and the highlights are shown accordingly. In the Canon Van der Paele panel of Bruges, the light comes from the left and here, the highlights are shown with the appropriate shift to the left. (Fig. 30, a and b)

Van Eyck clearly distinguishes between the glossy shine of the whitish fine pearls and the clear crystal beads on which the highlights are better defined and smaller because of the difference in texture and transparency. The light reflected back through reflection against the inner surface of the transparent sphere is the kind of reflection

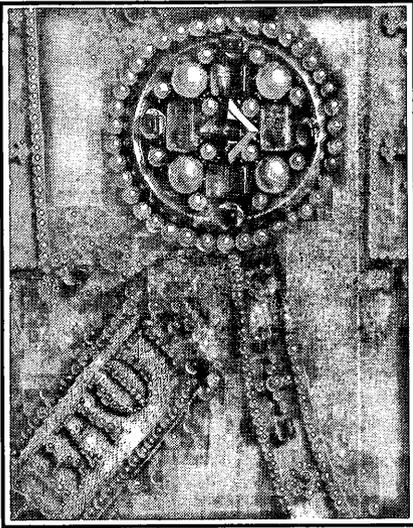


Figure 30 a

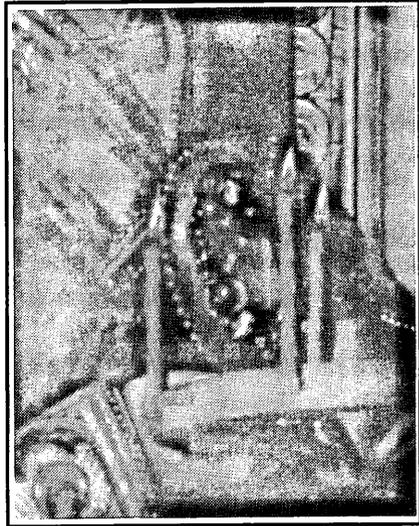


Figure 30 b

Theodoric von Freiburg invoked to describe the behavior of light in raindrops and to explain the rainbow. Van Eyck is clearly fascinated by this process in the watercolumn leaving the fountain depicted in the central panel and in the transparent medium of the vertical beam of the cross carried by one of the depicted popes in the same panel. In the panel to the right of the central one, the same optical mechanisms are demonstrated on the beads of the rosary of the hermit. (Fig. 31)

That effect is repeated and extended with patches of light produced by refraction in the beads hanging to the left of the mirror in the Arnolfini couple of the National Gallery. In the *Arnolfini Marriage*, one can distinguish four or five distinctive optical effects on the beads: highlights, internal reflection on the inner surface, refraction producing patches of intensified light on the wall behind and shadows of the beads on the same wall. To show the transparency of the beads, Van Eyck manipulates the visibility of the connecting rope and also a subtle inner light in each bead resulting from secondary and tertiary reflection or what is more generally known as radiosity. With Gombrich one wonders indeed whether "the meticulous observation of

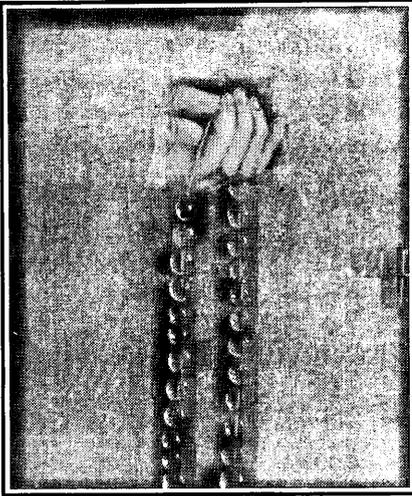


Figure 31

dical jewel decorating the buckle of the angel choirmaster's cloak. A window is clearly suggested in line with the situation of the room and optically plausible for a cylindrically reflecting surface. (Fig. 32)

Color carrying rays

A pervasive notion throughout optics from Aristotle onwards and shared by major authors such as Ptolemy and Al Haytham is that what is ultimately carried or assimilated by the rectilinear rays of optics, is color. How the color of a neighboring cloth is almost contaminating the color of the metallic angle on top of the fountain is shown in the subtle reflection of red on the top of his wings. Notice also the multiple reflection of the light source (the double window to the right) in the

nature" could really account for such a degree of precision and optical sophistication. Evidently, a painter acquainted with concepts of optics would undoubtedly distinguish between these various effects much better than one "just copying meticulously what he sees."

Mirror effects in jewels

In the Ghent Altar, Van Eyck's fascination with mirroring is also manifested in the reflection of the window on the cylindrical

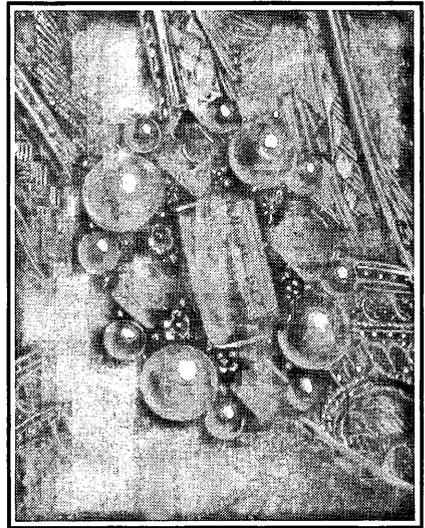


Figure 32

metal parts of the fountain.

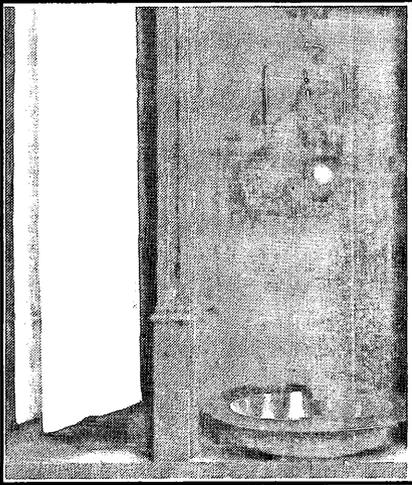


Figure 33
of the primary image through radiosity. (Fig. 33)

Ophthalmologists have even scrutinized Van Eyck's depiction of Canon Van der Paele's eyeglasses in the *Virgin and Child with Canon Van der Paele*. The canon should apparently have been myope because Van Eyck's depiction of the refraction qualities of the eyeglasses allows to infer that these consist of concave lenses! (Fig. 34)

All of this demonstrates a sensibility for optical effects that should have been nourished, at least in part, by the science of *perspectiva* about which Van Eyck

Convex versus concave mirroring

The optical effects on simple daily houseware are dealt with as carefully and dedicated as in the handling of jewels and golden brocade. In the *Annunciation*, the reflection on the kettle is different from that on the washbasin. The kettle qualifies as a convex mirror, the washbasin as a concave mirror. The first one yields a reduced upright image of the light source, the second one an inverted image of the light source and, in this case, secondary reflections



Figure 34
should have known. The dominance

of issues on mirrors in that discipline is reflected in the dominance of the same theme in his works. Together with the visual cone, these issues constitute the core of the discipline and a painter dedicated to their application could be expected to focus on either one or both. If perspective comes down to providing the viewer with information about his position, Van Eyck provides it by using the light source as an orientation device. The viewer should be expected to have noticed where the source is (the window) within the viewing room. Seeing it reflected through the highlights in the picture, he can infer where he is supposed to stand.

Light versus lines

Already for Masaccio's *Trinity*, the exercise of going through a computer reconstruction turned out to be extremely useful in learning to appreciate the artist's discoveries and innovations. In the case of Van Eyck, the same impression prevails. Despite various sophisticated rendering techniques which embody the principles of optics to an impressive degree, it remains extremely difficult to match the subtlety with which a master as Van Eyck handles light and texture. It is not so much the linear perspective as the rendering which constitutes the ultimate test. It is in meeting the challenge of the rendering that one learns to appreciate the keen eye of the painter whose either conceptual or perceptual understanding of the complexities of light and light reflection achieves a level of penetration that is only matched by the analysis of science. While stressing their complementarity, Sarton (1941) emphasized the basic differences between science and art. We should not misunderstand his position as a warning against any search for loci of fruitful interaction between both.

Note

Special thanks are due to Alfons Dierick for sharing with me his technical and erudite knowledge of the subject and for giving me access and permission to use his unique collection of super high quality Van Eyck photographs.

References

Bergdolt, K. (1988), *Der dritte Kommentar Lorenzo Ghibertis, Naturwissenschaft und Medizin in der Kunstgeschichte der Frührenaissance*, Weinheim, Acta Humaniora.

De Mey, Marc (1995), Masaccio's bag of tricks, in: Marchese, Francis T. *Understanding Images, Finding Meaning in Digital Imagery*, Springer-Telos, New York., pp 143-170.

De Nil, E. (1995), Della prospettiva: een revelerend handschrift, in De Mey & De Nil (red.) *Perspectiva tussen Aristoteles en Zeki*, Gent, Communicatie & Cognitie, pp 87-191.

Dierick, A. (1995), *Joos Vijds Tafel, De retabel van het Lam Gods*, Gent.

Gombrich, E. (1964), Light, form and texture in Fifteenth-Century Painting, *Journal of the Royal Society of Art*, 1964, **112**, 826-849, (reprinted in *The Heritage of Apelles*, London, 1976, pp. 19-35 with title "Light, form and texture in fifteenth-century painting North and South of the Alps)

Panofski, E. (1953), *Early Netherlandish Painting*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Parronchi, A. (1991), *Della Prospettiva*, Milano.

Santillana, G. de (1973), Art et science dans la renaissance, In: Buck, A., Costabel, P. et al. (eds.) *Sciences de la renaissance*, Paris, Vrin.

Sarton, G. (1941), The history of medicine versus the history of art, *Bulletin of the History of Medicine*, 1941, 10, 123-135; reprinted in: Sartoniana, 1995, 8, 129-143.



IN MEMORIAM MAY SARTON (1912-1995)

M. Thiery

George Sarton's beloved daughter died on July 16, 1995, in York, Me, of breast cancer at the age of 83. So ended the remarkable life of a world-famous poet and novelist, the last member of the Sarton family.

Eleanore Marie (May) Sarton was born on May 3, 1912, at Wondelgem, Belgium, as the only child of George and mabel Elwes. At the beginning of the First World War her parents emigrated to the U.S.A. and finally came to Cambridge, Mass.. After attending the Shady Hill School and Cambridge High and Latin, May joined the Eva le Galienne's Civic Repertory Theatre as an apprentice and from there embarked on a theater career. When her own company, the Apprentice Theatre, later the Associated Actor's Theatre, discontinued during the Depression, she turned to a life of writing and became the famous writer who left behind a legacy of more than 50 books : 17 volumes of poetry, 19 novels, 15 nonfiction works, including her famous self-revealing journals and two children's books. She also wrote a play and several screenplays. A fellow of the American Academy of Arts and Sciences, she had received 18 honorary doctorates. She has lectured at colleges and institutions across the States, has taught at both Radcliffe and Wellesley and has received more than 20 awards and honors, including the Human Rights Award.

All her life Miss Sarton travelled extensively to Europe and kept close ties with friends and intimates of her parents. She had inherited the "green fingers" of her British artist-mother. As her parents she loved animals and this fondness generated two novels, two gems, one about the baby donkey she adopted ("Joanna and Ulysses", Norton, New York, 1964), the other about one of her cherished cats ("The Fur Person", Rinehart, New York, 1956).

For more than seven decades, from an early group of sonnets published when she was only 17, to her most recent book of poems in 1994, Miss Sarton has been one of those enduring figures in literature

whose work has inspired generations of readers, young and old. Her oeuvre deals with all fundamental themes and problems of human life, and is universal. It is direct and, as William Drake wrote, "she always seems to be speaking to each of us personally, as if we were a friend". She projected herself in her novels and poems. She was direct, eloquent, courageous and honest, traits of character she had inherited from the father she worshipped.

Anyone interested in George Sarton as a person, a human being, will find precious information in her books and I consider the first chapter of May's "A World of Light" (Norton, New York, 1976) the finest portrait of Prof. Sarton ever written. Her autobiographical book "I Knew a Phoenix" (Rinehart, New York, 1954) includes two highly instructive chapters as well, one about George as a Ghent youth and the other about the house in Wondelgem where George's "twins" - May and the scientific journal "Isis" - were born. After her father's sudden demise in 1956, May has published two poems on her father in "In Time Like Air" (Rinehart, New York, 1958), a volume dedicated to his memory. In the first poem, "My Father's Death", the daughter realizes what it means to be completely alone, although - mysteriously - she still feels herself surrounded by his love. I quote the last lines : "I shall not be a daughter any more, / But through this final parting, all stripped down, / Launched on the tide of love, go out full grown". Agnes Sibley, who published an analysis of May Sarton's literary work in 1972 ("May Sarton", Twayne Publishers Inc., New York), aptly described the other poem, "A celebration", as "a strongly felt portrait of a great man, full of small details about his appearance and habits". She was right as those who have known George Sarton, including myself, can testify. Some verses to give the flavor of the G. Sarton portrait :

"Simple as gold, and all his learning
 Only to light a passion's burning.
 So, beaming like a lesser god,
 He bounced upon the earth he trod,
 And people marvelled on the street
 At this stout man's impetuous feet.

Loved donkeys, children, awkward ducks,

Loved to retell old simple jokes;
Lived in a world of innocence
Where loneliness could be intense;
Wrote letters until very late,
Found comfort in an orange cat -
Rufus and George exchanged no word,
But while George worked his Rufus purred -
And neighbors looked up at this light
Warmed by the scholar working late.

And when he died, he died so swift
His death was like a final gift.
He went out when the tide was full,
Still undiminished, bountiful;
The scholar and the gentle soul,
The passion and the life were whole."

