NAMUR
1958

1

Cybernetica

CYBERNETICA

est la revue de l'Association Internationale de Cybernétique.
Elle paraît 4 fois par an.

is the review of the International Association for Cybernetics.
It is issued four times a year.

Prix et conditions de vente — Price and conditions of sale.

Abonnement annuel — *Yearly subscription :*

membres de l'Association	150,– F. B.
members of the Association	150,– F. B.
non-membres :	300,– F. B.
non-members :	300,– F. B.

Par numéro — *Each number :*

membres de l'Association	50,– F. B.
members of the Association	50,– F. B.
non-membres :	100,– F. B.
non-members :	100,– F. B.

Toute correspondance concernant la revue est à adresser à l'Association Internationale de Cybernétique, 13, rue Basse Marcelle, Namur (Belgique).

All correspondance concerning the review is to be sent to the International Association for Cybernetics, 13, rue Basse Marcelle, Namur (Belgium).

Secrétaire de Rédaction : M. Roger DETRY.

CYBERNETICA

VOLUME I
N° 1 - 1958

Revue de l'Association Internationale de Cybernétique
Review of the International Association for Cybernetics

NAMUR

SOMMAIRE
SUMMARY

Éditorial par M. Georges R. Boulanger, Président de l'Association Internationale de Cybernétique v

Norbert Wiener : *My connection with cybernetics — Its origins and its future* 1

Louis Couffignal : *Le symposium de Zürich et les concepts de base de la Cybernétique* 15

John Diebold : *Education for data processing — The real challenge to management* 32

Aurel David : *Réflexions pour un nouveau schéma de l'homme* 39

Pierre Auger : *Si peau d'âne m'était conté* 75

Éditorial

par Georges R. Boulanger,
Président de l'Association Internationale de Cybernétique.

J'ai le redoutable honneur de présenter, au monde de la Science et de la Technique d'abord, mais aussi à tous ceux qui s'intéressent à l'humanisme de notre temps, la revue « Cybernetica » que crée aujourd'hui l'Association Internationale de Cybernétique.

C'est un honneur, certes. L'intérêt qu'a suscité, dans tous les pays, la constitution de l'Association Internationale de Cybernétique et le plan de haute intellectualité auquel se sont immédiatement hissés ses travaux en témoignent. Mais la Cybernétique est une science révolutionnaire, et c'est là que l'honneur devient redoutable.

La Cybernétique ! ... Jamais peut-être, dans l'histoire de l'humanité, l'apparition d'une discipline neuve n'a provoqué des discussions aussi passionnées que celles qui entourent la naissance de cette « science nouvelle qui, bien qu'elle en soit encore à chercher ses voies, » transforme déjà très profondément l'Industrie et est appelée à marquer, » à des degrés divers, tous les secteurs de l'activité humaine » (Ier Congrès International de Cybernétique, Namur, 1956).

Définie par Norbert Wiener — à l'œuvre de qui je suis heureux de pouvoir ici, au nom de tous les cybernéticiens, rendre un juste hommage — comme la « science du contrôle et de la communication dans l'animal et la machine », la Cybernétique se voit confier la tâche d'étudier désormais le comportement des êtres vivants et celui des mécanismes que construit l'homme. La Cybernétique apparaît ainsi comme la science des machines, de toutes les machines, aussi bien vivantes qu'inanimées.

Cette définition suscitera généralement l'étonnement. Pourquoi tant d'effervescence, dira-t-on, autour d'un thème aussi banal ? Pourquoi ériger en discipline nouvelle des notions qui semblent depuis longtemps classiques ? Pourquoi élaborer une terminologie nouvelle ? La psychologie n'étudie-t-elle pas déjà le comportement de l'homme dans les circonstances les plus diverses ? La zoologie n'est-elle pas responsable de l'observation des mœurs des animaux ? Et l'art de l'ingénieur n'est-il pas — notamment — celui de la construction des machines et de l'étude de leur fonctionnement ?

Poser ces questions, c'est mettre en lumière le compartimentage que, très précisément, la Cybernétique s'est donné pour objectif d'abattre.

C'est, en effet, une croyance enracinée dans l'esprit humain depuis des millénaires, qu'il existe une différence fondamentale entre les pouvoirs d'action de la matière vivante et ceux de la matière inerte. L'animal sauvage qui, dans la jungle, part en chasse à la nuit tombante semble disposer d'une certaine liberté qui est refusée à la pierre qui tombe ou à la feuille emportée par le vent. Mais les ingénieurs savent aujourd'hui construire des machines capables, elles aussi, de poursuivre et d'atteindre des buts fixés a priori, des machines capables de faire montre de comportements « finalisés ». Le projectile autoguidé, lancé dans la direction approximative d'un avion, cherche, trouve et poursuit son objectif sur lequel il fonce aussi infailliblement que l'aigle ou le vautour s'abattant sur leur proie.

Ce sera à tout jamais le mérite de Wiener d'avoir fait ce rapprochement et d'avoir dit clairement, le premier : si dans la nature on observe des comportements finalisés et si l'on peut construire des machines capables des mêmes comportements, les principes qui sont mis en œuvre dans les deux cas sont identiques. Il s'agit toujours d'un effet qui réagit sur la cause qui le produit, de ce que l'on appelle, en technique, une rétroaction ou un « feed-back ».

Cette analogie étant reconnue, il devenait tentant de proposer — et Wiener l'a fait — d'étudier dans un même cadre tous les comportements finalisés, qu'ils soient le fait de la matière vivante ou de la matière inerte. La Cybernétique était née.

* * *

Sur le plan pratique, la Cybernétique apparaît tout d'abord comme la clef de voûte de la seconde révolution industrielle. Son objectif est hardi : construire des machines imitant tous les comportements de la matière vivante d'abord, et capables ensuite de transcender ces comportements.

On connaît le rôle important que jouent les machines réflexes dans le développement de l'automation, et les perspectives qu'ouvre leur utilisation de plus en plus intensive n'ont cessé d'être évoquées, au cours de ces dernières années, par l'un des pionniers les plus dynamiques, l'américain John Diebold. Le partage des tâches qui sont dignes de l'homme et de celles qui relèvent du domaine de la machine étant fait, la Cybernétique construit, pour l'exécution de ces dernières, des machines capables de se gouverner elles-mêmes, de véritables robots « autonomes » dont le groupement conduira tout naturellement aux usines automati ues de demain.

C'est dans une telle spécialisation des fonctions — avec mécanisation intégrale des tâches machinales — que se trouvent les possibilités de développement des machines en parfaite harmonie avec un plein épanouissement de la personne humaine.

Voulant imiter la Vie, la Cybernétique se doit évidemment d'essayer d'en comprendre tout d'abord le mécanisme. Les pôles de cette recherche sont les travaux de W. Grey Walter qui, au Burden Neurological Institute de Bristol, étudie le comportement des animaux synthétiques qu'il fabrique de toutes pièces et la tentative de W. Ross Ashby, au Barnwood Hospital de Gloucester, de construire un cerveau artificiel.

Le cerveau humain contient près de dix milliards de cellules nerveuses (neurones). Les « tortues électroniques » de Grey Walter ont un « cerveau » qui n'est formé que de deux éléments. Ce rudiment de «matière grise » leur confère cependant un comportement extrêmement complexe qui reproduit déjà, d'une manière stupéfiante, de multiples aspects de notre propre vie individuelle et sociale.

Ces analogies peuvent être développées et, de fait, on n'a pas manqué d'assister à une véritable prolifération d'animaux artificiels aux caractères et aux comportements les plus variés. Mais ces comportements demeurèrent cependant tous du type « réflexe » jusqu'au jour où Grey Walter réussit à mécaniser l'apprentissage par réflexes conditionnés.

A peine née, la Cybernétique allait prendre un nouveau départ. Car c'est désormais la possibilité de construire des machines capables d'apprendre qui est offerte à l'homme, c'est l'usine qui se développe et se perfectionne par ses propres moyens qui est en vue, c'est le problème du joueur d'échecs automatique capable de battre son constructeur qui est à nouveau posé.

Abordant le problème de l'imitation de la Vie sous un autre angle, Ashby est parvenu à construire une machine douée de comportements d'adaptation par essais et erreurs. C'est le fameux « homéostat » qui, par son aptitude à composer avec un milieu extérieur changeant en modifiant sa propre structure interne, semble bien fournir la clef du problème de l'adaptation dans le monde vivant et, partant, de la construction d'un véritable cerveau artificiel.

Les perspectives qu'ouvrent à l'humanité ces recherches de laboratoire sont véritablement grandioses.

Sur le plan technique c'est l'annonce — déjà — d'une troisième révolution industrielle, celle des machines à apprentissage, celle des machines qui acquièrent des comportements qui n'y sont pas inscrits par leur constructeur, celle des engins à penser, celle de l'usine automatique qui, non seulement construit des automobiles et des avions, mais dit comment il faut faire pour produire de « meilleures » auto-

mobiles et de « meilleurs » avions, et établit ses programmes de fabrication sur la base de ses propres conclusions.

En dehors de l'impact qu'elle exerce déjà sur la technique, la Cybernétique est appelée à jouer un rôle considérable dans les domaines les plus divers.

Dès les premiers pas de la Cybernétique, la médecine est présente. Wiener ouvre la voie en montrant les analogies qui existent entre certains états pathologiques (tremblements, ataxies, etc ...) et les phénomènes que l'on peut observer dans les machines autogouvernées. Mais cette méthode des analogies est susceptible de prendre une extension considérable car de multiples schémas de la technique semblent se révéler aptes à expliquer des processus considérés jusqu'à présent comme échappant aux lois naturelles connues — notamment dans l'étude des mécanismes par lesquels s'élabore la pensée.

On peut pressentir que dans de nombreux domaines des sciences humaines aussi, la Cybernétique va jouer un rôle important.

Sur le plan individuel, c'est la psychologie qui est appelée à trouver, dans la Cybernétique, les voies qui lui permettront de se dégager de l'empirisme qui freine son développement.

Sur le plan collectif, on peut voir que les sciences économiques, les sciences sociales, les sciences politiques, les sciences morales elles-mêmes étudient des phénomènes qui s'inscrivent très exactement dans le cadre de la Cybernétique.

Et il faudrait au moins faire allusion encore aux domaines des arts, des lettres, de la philosophie avec, notamment, les grands problèmes de la prospection intellectuelle par les machines et de l'accessibilité à des plans de pensée nouveaux.

* * *

Véritable « science-carrefour » du savoir humain, la Cybernétique intéresse les ingénieurs, les industriels, les physiciens, les mathématiciens, les médecins, les biologistes, les psychologues, les économistes, les sociologues, les philosophes, etc ... C'est à eux tous que la revue « Cybernetica » a l'ambition d'offrir une tribune permettant la confrontation des doctrines et des réalisations dans les domaines les plus divers.

« Un voyage au royaume des sciences » écrit le cybernéticien français Louis Couffignal en postface à son livre Les Machines à Penser,
» si l'on gravit quelque sommet ou que l'on s'approche des frontières,
» découvre, dans la grisaille des lointains, les masses imprécises d'édi-
» fices que l'on devine néanmoins puissants et somptueux.

» D'aucuns se plaisent à imaginer ce qu'ils distinguent mal.

» D'autres forment aussitôt le projet d'explorer ces terres nouvelles et » s'efforcent d'en reconnaître les voies d'accès.

» Nous nous rangeons parmi ces derniers. Et c'est pourquoi ce » petit livre s'achève sur un programme et non sur une conclusion ».

Les promoteurs de la revue « Cybernetica » ne pouvaient trouver, parmi eux, de meilleur porte-parole et cette attitude de Louis Couffignal, ils la font leur.

Le programme ? Ils le résument en un mot : progrès.

Et leur espoir, c'est que « Cybernetica » devienne rapidement un lieu de ralliement pour tous ceux qui entendent collaborer à ce progrès — qui est celui des sciences et des techniques au service de l'humanité.

My connection with cybernetics. Its origins and its future.

by Norbert WIENER,

Professor of mathematics at the Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, U.S.A.)

It has been suggested that now, some fourteen years after the writing of my book on cybernetics, I take up the history of the subject and a discussion of the lines of work which seem most interesting for the immediate and the remote future.

I wish to disclaim at the very start any attempt at complete comprehensiveness, for I have neither the ability nor inclination to give an encyclopedic account of all of the ramifications of the subject as a whole. Therefore this talk is going to be highly personal, and will constitute an account of my own relation to the beginnings of the subject and of the directions of work which interest me at present and which seem to me particularly tempting for the future.

My contact with cybernetic ideas goes back to 1919, just after the First World War when I had completed my military service and was looking around for significant problems to which to devote myself in my career as a mathematician. I had read rather broadly in the theory of the Lebesgue integral in Frechet's and Volterra's books on integral equations and the like, and had come to the conclusion that analysis was the branch of mathematics which was most tempting to me, and to which I should devote my career. At that time a colleague, Professor T. Barnett from the University of Cincinnati, happened to be in the American Cambridge, and I asked him to suggest to me what problem would seem to be coming into its critical stage of development. He called my attention to the problems of integration in function space and to the work of Gateaux and to P. J. Daniell. I started following up their work and obtained some minor results on an abstract basis, but these seemed to me thin and lacking in real significance. I therefore asked myself if there were any questions in physics and the other natural sciences in which the integration of functions of curves comes in naturally with a truly physical meaning.

It was in the summer of 1920 which I spent in Strasbourg working with Professor Frechet that a hint of the answer to this question came to me. The problem of the Brownian motion is one in which random assemblages of curves naturally occur. Related to this are a great many problems in statistical mechanics, and particularly in hydrodynamics. My office at the Massachusetts Institute of Technology overlooked the basin of the Charles River, and I had often reflected on the wave pattern of the surface under a wind as another example of a functional entity belonging to a family in which questions of distribution were important. I therefore decided to study the problems of the distributions of functions with this and other similar physical motivations as my basis.

This is not the place to go into the details of my subsequent work which led to a successful theory of the Brownian motion. However two comments are appropriate. One is that I came into contact with the deeply significant work of Taylor, now Sir Geoffrey Taylor, on turbulence in which the notion of autocorrelation played a predominant role. The other is that in applying this notion to problems arising out of the Brownian motion I was forced to study a certain class of functions which had already been studied by mathematicians, but which had been considered as more or less pathological. These were the continuous non-differentiable functions. I found that functions of this sort, far from being non-physical, belonged to the very essence of the study of the Brownian motion, and of distributions of curves in function space.

My physical interests led me to the physical interpretation of the problem of integration in function space as one of probability. Here I was much influenced by the fact that the ideas of Gibbs in statistical mechanics, after a period in which they had been foreign to the ways of thought of contemporary physicists, were now coming back into vogue and were being really understood. I therefore found myself definitely along the path of investigating random physical phenomena from the probability point of view with the aid of new technical methods which seemed to be precise and promising.

At a very early stage of my work on this subject I became aware that the harmonic analysis of random function was an essential part of my program. I found that this harmonic analysis, although it had been studied from a physical point of view by theoretical workers in optics, and although Shuster had suggested certain statistical aspects of it in his discussion of the periodogram, had been neglected by the pure mathematicians, who, for the most part, had confined their efforts to the study of phenomena which

were either strictly periodic, as in the case of the Fourier series, or definitely of limited duration in time, as in the case of the Fourier integral as it was then known. The harmonic analysis of continuing phenomena in time needed a new start, which I began in papers written in 1924 and which I brought to a successful conclusion in my paper on generalized harmonic analysis which appeared in Acta Matimatica in 1930. In these papers my work, which interacted most closely with that of Bochner, made constant appeal to the work I had done on the Brownian motion, and received its most significant applications in that field. Throughout this work I was compelled to consider non-differentiable continuous functions.

From the very beginning of this work, I was influenced by the contemporary investigation of Paul Lévy on random functions. It was Lévy who called my attention to the fact that my Brownian motion functions had already received a certain amount of study from Bachelier. Bachelier's work, however, while representing an excellent insight, had already been written at a time before the ideas of Lebesgue integration were available for the development of an adequate technique.

My work on random functions suggested to me that I might have a new approach to the problems of turbulence and of statistical mechanics in general. These concepts led me to a new series of papers on the theory of chaos. I found that my work, although unquestionably in the right direction, ran into many difficulties in this field which were intrinsic in the study of the dynamics of random processes. As this is a little off the main direction of cybernetics, I shall not go into them here, except to say that it became amply clear to me that without a really new body of ideas most of the mathematical developments in time occurring in the theory of turbulence and of random processes have the character that the series which one obtains will often tend to have a zero radius of convergence and to be asymptotic rather than convergent. Some recent work of Kolmogoroff has suggested to me the possibility of evading this difficulty, but the turning of these ideas into usable methods is still under way, and it is not yet the time to speak of the processes.

In the beginning of 1930 it had become amply clear that the work of Willard Gibbs on the ergodic hypothesis was intimately related to my field of interest, and that the Gibbsian form of the ergodic hypothesis that time averages in random systems were related to phase averages needed a new justification. This justification came from the work of Koopman and von Neumann, and particularly G. D. Birkhoff. Later on I was able to bring some of

this work into closer relation with the theory of random processes than had been done by some of the other workers in the field. All this contributed to the growing technique of the field of work in which I had interested myself.

Here I must comment on the valuable discussions that I had at the time with Eberhardt Hopf who had come at that time from Germany to do some work at Harvard University. Hopf is an astronomer as well as a mathematician, and he turned my interest in the direction of certain integral equations which come up in the theory of the internal equilibrium of radiation. These integral equations, while they arose from an entirely different field of work, contributed significantly to the techniques which I was later to use in that field, and particularly in the theory of prediction. This theory of prediction, although it belongs to a later period of my work, is intimately associated with the prediction of weather, and therefore with the general statistical problem.

During the period of the late twenties and thirties, I received a very considerable amount of stimulus to and interest in engineering problems from my presence at the Massachusetts Institute of Technology, and was consulted more than once by my colleagues in connection with the task of reducing the unorthodox mathematical method of Heaviside to a rigorous basis. Here Vannevar Bush, in particular, pressed me to work in this direction and to collaborate with him in the writing of a book on electrical engineering operational methods. My interest in the operational calculus both received a great impetus from my studies of harmonic analysis and contributed to the broadening of my point of view in that work so that it forms an intrinsic part of the intellectual machinery which I was later to use in the study of random problems.

Moreover, Vannevar Bush was intensely interested at the time in an instrument known as the differential analyzer by means of which he was able to give a numerical solution to many problems arising in the study of differential equations, and in particular in operational calculus. This started a long-time interest on my part in the possibilities of mechanical computation by means of analogue devices. I, myself, was led by this contact with Bush to the design of an optical method of obtaining Fourier transformers.

Bush's work was of the utmost importance in the study of the solutions of ordinary differential equations in which a single variable such as on time is the independent variable. Bush was very much interested in extending this sort of work to the solution of partial differential equations, and asked me explicitly if I had any ideas as to how his instrument could be adapted to this purpose. It

was clear to me at the beginning that the really difficult problem in the solution of partial differential equations was that of a manageable representation of functions to two or more variables so that they could become accessible to mechanical means of computation. I had already been much impressed with the incipient developments of television methods and with the idea of scanning which makes it possible to represent a function on two or more variables in the one variable of time. I suggested to Professor Bush that this technique of scanning should form an essential part of any mechanism for the study of partial differential equations. It was clear to me at the beginning that scanning methods involved an enormous compression of a great deal of information spread out in several variables into information in the one variable of time. I had already certain doubts as to the practicability of performing this compression by the use of analogue devices, and in my own mind I was already beginning to ask myself whether methods of a digital nature might not be more apropos. However, at this time the concept of digital computation was far in the future, and I did not go out of my way to implement these ideas by more practical speculations. Nevertheless, when just before the First World War the problems of the sort that Bush had raised had become of immediate practical importance, the idea of a digital computer and its relation to scanning was already prominent in my mind.

It was the Second World War, or rather the period of preparation just before the Second World War, which led me to an abrupt turn in the directions of my interest. Before America had entered the war it had become amply clear that the possibility of this entrance was very actual, and that the immediate problem that faced us was that of keeping England from succumbing in the Battle of Britain. Here two directions of work came to the fore. One was the development of radar which had already been initiated by British scientists, and which caused the need of a greatly refined technique of electrical engineering, particularly in matters concerning alternating current theory and the related theory of communication by fluctuating currents, which had already proved so fruitful in telephony.

I had already interested myself in telephone theory and in the design of wave filters, particularly through contact with Professor Y. W. Lee who had been a graduate student at the Massachusetts Institute of Technology in electrical engineering. Actually I came into contact with Lee because I had certain mathematical ideas on the use of Laguerre functions in the design of wave filters, and I needed a graduate student to work under me in this field. Lee con-

tributed many essential ideas of the design of such filters. We proceeded to make the series of inventions which ultimately developed into patents and were sold to various firms, including the Bell Telephone Laboratories. When Lee had returned to China in the thirties, I received through him an invitation to lecture at Tsing Hua University at Peking. I accepted this invitation and we spent our time together there largely in the further elaboration of these inventions.

When the prospects of the United States entering the World War became imminent, I tried to see if any of my own work would prove relevant to the military effort. I actually thought of the work that I had already done on the mechanization of partial differential equations. This was about the time of the Mathematical Society meeting at Dartmouth in the summer of 1940. At that time we were shown a computing instrument made by the Bell Laboratories for the study of a complex algebra which is used in electrical circuit work, and this made use of the Binary System of notation. Putting all the ideas together that were in my mind, I came to the conclusion that my methods for the study of partial differential equations could be made practical, and that they would involve a digital computing machine rather than an analogy computing machine in order to obtain the speed that was necessary ; that this digital computing machine should be based on the scale of 2 rather than of 10, so that the individual marks needed for the different digits should be of a « yes » or « no » character, which is suitable to electronic circuits, and that in some cases this machine might work on the basis of previous ideas of H. P. Phillips and myself where we found the situation of the potential problem to depend on an infinite sequence of averagings.

This sequence of averagings could readily be adapted to a scanning process, but the thing that struck me as most difficult about this process was the vast body of intermediate computations which it would require, and the enormous mass of subsequently useless data which would have to be written down. However, it became clear to me that a really practical machine would have to perform all its functions on the run. It would have to write quickly, read quickly what it had written down, and erase material already employed as quickly as possible so as to have its entire functioning immediately ready for new data. I gave a series of prescriptions of what would be required for such a machine, and I passed them on to professor Bush who was then in charge of the national scientific effort. Bush thought that my work was too far in the future to be immediately applicable, so that for the time being I abandoned

this direction of effort. However, the series of five requirements which I laid down for my computing machine have all been found to be valid, and are still the basis of such work as that which has been done on the International Business Machines.

When the radiation laboratory was set up at the Massachusetts Institute of Technology in view of the emergency, I participated in their work and sought to introduce my colleagues to the concepts of filtering which we had already developed. In addition, I saw several opportunities for the introduction of the study of random functions into engineering techniques. I went a certain distance in this direction, but with relatively small immediate success. In fact my time was already heavily taken up with the other problem which was critical at the moment — that of the mechanical control of anti-aircraft fire.

I had in view a method of prediction based on some purely abstract mathematical considerations. It turned out that we could simulate the experiments necessary to verify the validity of this mathematical prediction on Bush's differential analyzer. We did this, and we found out that the method would function, provided that the curve which we wished to predict was sufficiently smooth. However, when the curve lacked this smoothness it became clear that our prediction apparatus would be highly unstable, and that after any abrupt turn in the curve there would be a considerable period before the machine would settle into an equilibrium which would make exact prediction possible. Thus we found ourselves confronted by two difficulties which worked in the opposite direction. The very improvement of a predictor which would make it valuable for curves of a given smoothness was associated with an instability which would make the prediction very dependent on the smoothness of the curves to which we should apply it. It became apparent to me that this dual difficulty of prediction had a certain analogy to the principle of indeterminacy in quantity, and that it probably belonged to the very nature of prediction itself.

Since this difficulty could not be eliminated by any method, it became necessary to consider how the errors of prediction could best be reduced in practical problems. Here it became clear to me that the reduction of the errors of prediction in an optimal manner was dependent on the particular statistics of the curves which we wished to predict. I was thus thrown back to my old ideas of the statistical distribution of curves.

One of the prediction problems was conceived as a minimization problem which could be set up mathematically, and there was some

hope of solving it. I found that the minimization problem in question led to an integral equation of a type closely akin to that which Eberhardt Hopf and I had previously discussed. I was able to solve this problem which led to a program of the design of anti-aircraft predictors in which Dr. Julian Bigelow and I participated on behalf of the government. While this program did not lead to any single predictor design which was operated in practice, the ideas came to be applied to many other projects, and have carried over into the modern work on controlled missiles. The outcome of our work was a paper published for government use during the war, and reprinted after the war without restrictions, known as Extrapolation and Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Applications.

This practical interest in computing machines led me to consider the general philosophy of the problem. On the one hand it became clear that the mechanism of a computation which depended on two value marks for the different digits could be easily adapted for the use of a machine to perform calculations of the algebra of logic, rather than numerical algebra. Here the two digital possibilities would correspond to the two possibilities of truth and falsity. Next we began to see that there was a certain analogy between digital computing machines and the human brain, particularly because of the fact that impulses in the nervous system seemed to be of an all or none nature, or in other words to involve two digital possibilities.

It must be borne in mind that our main work was the design of a computing machine to be used in the control of anti-aircraft fire, and that we were not only concerned with the ways in which decisions were made but in the ways in which these could be realized in action. This led inevitably to speculations concerning the way in which the human being or the animal performs purposive action. This was a problem which arose in the consideration (a) of how the observer following the airplane is able to keep his sights on the plane, and (b) in the study of how we could simulate the action of such an observer under laboratory conditions. Here I received suggestions from two quarters. On the one hand Mr. Bigelow took an active interest in the problem. On the other, through my friend and colleague, Professor Manuel Sandoval Vallarta, I had come some years before in contact with Dr. Arturo Rosenblueth who was then working on neurophysiology with Cannon at the Harvard Medical School, and who is now at the Instituto Nacional de Cardilogia in Mexico. Dr. Rosenblueth ran for some years an evening dinner seminar on neurological problems at the Harvard Medical School

and I had participated in this. It was therefore Dr. Rosenblueth to whom I turned with the physiological implications of my problem.

My idea was this : in control apparatus one of the ways to stabilize the action consists of feeding back a quantity, depending on the success of the action, into the control apparatus as a new governing piece of information. Since any over-shoot in this feedback is compensated by a corrective action in the opposite direction, such a feedback is known as negative. It had occurred to Bigelow and myself that such simple human actions as driving a car were governed by negative feedbacks. We do not move the steering wheel on a car according to a set pattern, but rather in such a way that if we find ourselves too far to the left we make a correction to the right, and vice versa. Therefore we were convinced that negative feedback plays a part in the human control mechanism, and in particular in the mechanism by which we follow an airplane with our sights.

This idea struck me as capable of verification or contradiction. It is well known that the feedback in a control apparatus must be limited if it is to have a stabilizing effect. Otherwise with an excessive feedback the apparatus goes into a spontaneous oscillation which becomes more and more intense, and ultimately either destroys the apparatus or at any rate brings it widely out of control. The question which I asked Dr. Rosenblueth was the following : are there any human pathological conditions on which the attempt to complete a voluntary action leads instead of its efficient performance to a wild oscillatory error ?

Dr. Rosenblueth answered me that such conditions were indeed well known, and that they constituted what is called purpose tremor or cerebellum tremor because they seem to be associated with malfunction of the cerebellum. A patient with cerebellum tremor when he reaches out his hand to pick up a glass of water will go into wild oscillations, and either will spill the glass or be incapable of grasping it. This fact confirmed my conjecture that purposive action may take place by feedback, and that cerebellum tremor is merely a case of the general process of breakdown of an overloaded feedback.

The period of the war was a very busy one for me. After the war I found that an abrupt change in my mode of work was necessary. I found that the pressure of military or quasi-military work was not for me, and it was borne in upon me that the moral hazard of working in a field primarily devoted to destruction, and in which I would be subjected to the vicissitudes of secrecy and of the lack of any share in determining the use to be made of my work, rendered

further pursuit in this direction impossible. I decided to work further with Dr. Rosenblueth who had gone back to Mexico, and received support from the Rockefeller Foundation for several years' joint effort with him. I was particularly interested in the study of clonus, and in general of the harmonic analysis of rhythmic physiological processes.

It was at about this time that I put together my ideas and those of several persons with whom I was in contact in the form of my book on Cybernetics. The book was bespoken by the late Mr. Freymann of Hermann et Co., and also received the support of the Technology Press and of John Wiley and Sons Inc. It represented a definite statement of my thesis that communication and control theory belonged together, both in the machine and in the living organism, and that the basis for this theory was probabilistic. I had already seen my probabilistic ideas taken up with great definiteness by my colleague, Claude Shannon, then of the Bell Telephone Laboratories.

The thesis which I made in this book had implications for the sociology of the age of automatization. It had become clear to me that the human brain gave some sort of an index of what automatic machinery could do and was subjected to the same principles. I saw that the digital computing machine was primarily a logical rather than a numerical machine, and could be adapted to the control of factory processes. It was necessary for me to take a definite point of view with regard to the moral problems posed by this new industrial revolution which was clearly under way. It was in this connection that I wrote my book on « The Human Use of Human Beings ».

Let me note that the whole nexus of ideas which I then introduced had since passed from the stage of merely speculative possibilities into that of actuality. Furthermore, in the United States, in Russia, and elsewhere, the point of view which I then expressed, that the problem of automatization was essentially a statistical problem involving the use of random functions of the Brownian motion type, has been taken up on both sides of the Iron Curtain.

Of late years my interest has become more and more devoted to the study of rhythmic processes in living organisms as generated by the response which is generally non-linear of such organisms to random inputs. Early in the thirties improved electrical techniques had made possible the precise study of electric potentials of nerve and muscle, and in particular certain fluctuating potentials generated by the brain and observable by means of electrodes placed on the scalp. This was the work on electroencephalography.

The early work in this field involved a maximum of experience and judgment in the reading of these brain waves and a minimum of mathematical techniques. I saw from the beginning that it was an appropriate field for the application of my ideas on generalized harmonic analysis, and in particular the use of the correlogram which I later saw to be the essential equivalent of the employment of the Michelson interferometer in optics. My colleagues at the Massachusetts Institute of Technology greatly furthered this work by the introduction of an appropriate instrumentation, and I pursued the field in collaboration with Dr. Walter Rosenblueth of the Massachusetts Institute of Technology and Dr. Mary Brazier of the Massachusetts General Hospital. In the course of this work it became clear that the brain waves had a fine structure which must escape the coarse meshes of the existing methods of analysis. I found that at the center of the alpha rhythm of about 10 cycles a second which seemed to be associated with visual processes there was a very narrow and sharp band of activity with a definite frequency pattern. In this pattern a sharp central line was associated with the depression of activity in its neighbourhood and represented a physiological index which promised to be of great theoretical and medical importance. When I had found this pattern, it occurred to me that I had obtained a general result which belonged to the study of non-linear processes stimulated by a random Brownian input.

I pursued this work both on an experimental and theoretical phase, and in the summer of 1957 the late Professor Aurel Wintner of Johns Hopkins University wrote a paper on the subject. It became clear to me that in this response of non-linear systems of random inputs I had a clue as to how physiological processes could organize themselves into a definite synergic activity. I am at present engaged in pursuing my ideas along these lines.

The problem of organization which I had also developed in a paper which I gave at the University of Southampton in 1955 was a subject with profound sociological as well as biological significance and was connected with the theory of information by the most intimate bonds. I also continued my work in this field during my stay in India in 1955-56 at the Statistical Institute in Calcutta, and I saw how it could give a definite rationale to the concepts of social and economic planning which were much in vogue there.

My concept of economic planning is the following. In any economic situation there are certain factors beyond our control which are given statistically. These include the weather, the fertility of the crops, and other factors of the sort. In addition there are certain

factors which we can control. For example, the amount of seed grain to be planted, the rate of interest on agricultural loans, etc. The problem of planning is to optimize, or in other words minimize, some quantity depending on the controllable and the uncontrollable statistical factors in such a way that this minimization is maintained on the average. Such a problem is of a statistical character, and therefore of an informational character.

From the economic point of view, this is what we may call the statistically stable planning problem. If we have any planning situation which is meant to continue, it must of necessity lead to a statistically stable planning situation. On the other hand, for a planning situation to be statistically stable, it is not necessarily true that we can arrive at it from existing conditions in a statistically stable manner. In other words, this concept of statistically stable planning is only part of the social planning problem and must be supplemented by other conditions which enable us to make an effective planning of transient states and which arrive at a statistically stable situation.

It will be seen that cybernetics is leading me to a whole group of problems concerning organization, and it is in these fields that I think that an important part of the future of cybernetics lies. I have already mentioned the problem of self-organizing systems. The concept of self-organization is well known in biology, where there is a great deal of talk of material organizers of substances which in the embryo will cause different organs to come into being as for example in the case where a piece of an optic cup of a newt embryo inserted under the skin of the regenerating tail will cause an eyelid to form itself, and even possibly the rudiments of an organ of hearing. The aspect of self-organizing systems which has interested me most is that of systems which organize themselves into a rhythm. For example, in the formation of the vascular system of a vertebral embryo certain contractile cells form which very soon constitute a heart with a regular beat. How do these cells pull themselves into a concerted action ?

The situation has occurred to me that these cells lend a double status as organs of information. On the one hand they give out electric impulses which can affect other similar cells. On the other hand, they receive such impulses and their action is modified by their reception. If the relations between these organs as senders and as receivers were linear, then they could not modify the frequency of oscillation to one another. If, however, there is a tendency for the frequencies of two vibrating members to interact either to pull one another together or possibly to push one another apart,

there is a possibility of organization. Such a system as it gathers greater and greater synchronism will emit an impulse which has a greater and greater tendency to synchronize oscillators which have not already been pulled into place until by a mass action they constitute a definite pulsating organ. We have. an example of this in electrical engineering systems where many alternators are connected to the same bus-bars. In this case the generators which tend to run fast or ahead of phase will carry a greater load than normal, and those running slow or behind phase will carry a smaller load. The result is to speed up the slow members and to slow down the fast ones. Even if for the individual members the speeding up and the slowing down is controlled by special governors for the individual generators, the whole system will contain a virtual governor more active than any of its component governors It is interesting to notice that this virtual governor is distributed over the whole system and cannot be located in any particular part of the system. This suggests that in many problems of organization, as in the case of the brain, we may have given way to an excessive tendency to suppose a sharp localization to function.

In the case of brain waves we have ample evidence of the existence of something of the nature of local oscillators. We also have ample evidence that these oscillations can act on one another in frequency. We know that the brain can be driven by flicker which will tend to pull the rhythm of the brain into phase and frequency with itself. Under these conditions the sort of hypothesis which we have here made concerning self-organization systems is quite reasonable. It can also be pointed out that in the case of such self-organizing systems it will be quite common to find a sharp emerging frequency surrounded by regions of less activity than we find in the immediate neighbourhood. This phenomenon, as I have said, is actually verified in the case of brain waves.

It might be interesting to speculate on other rhythmic phenomenon like brain waves which may have a similar explanation of oscillating organs pulling one another into the same frequency and the same phase. It has been observed, and also contradicted, that fireflies in a tree tend to flash in unison. Here, too, we have to deal with periodic organisms which act both as senders and receivers of messages. The firefly tends to flash in a more or less periodic manner, and at the same time it is entirely reasonable to suppose that the visual reception to flashes from other fireflies will affect its rate of flashing. Under these conditions it is not much to hope that we have an example of a self organizing activity which readily lends itself to experimental and theoretical study as by suggesting that further work be done in this direction.

So much for self-organizing systems. There is another group of cybernetic problems which interests me very greatly and which concerns the measurement of causality. If we have two series of events in time, when we study each one separately there is a certain amount of information given concerning its future, but its past is determined. When the past of the two series is simultaneously determined, we shall receive more information concerning the future of each than if we were studying them separately. This additional information may be regarded as a measure of the effectiveness of one time series in causing another. Without going into details, here is the source of a really metrical theory of causality.

These are some of the directions of further work in cybernetics which interest me at present. To carry them out in practice I have been forced to develop my theory of random functions considerably further than I had in the past along lines related to the work of Professor Friedrichs. There are certainly other directions of work in cybernetics which have great interest, and I do not wish to pretend that in giving these directions which have interested me personally I have any intention to dictate unnecessarily the future of developments in this field.

Cybernetica (Namur)
Vol I — N° 1 — 1958.

Le symposium de Zürich et les concepts de base de la cybernétique.

par Louis Couffignal,

Inspecteur Général de l'Instruction Publique de France, Directeur du Laboratoire de Calcul Mécanique de l'Institut Blaise Pascal (Paris).

Au mois de Septembre 1957, un symposium s'est tenu à Zürich, autour du Professeur Gonseth, pour discuter de « Cybernétique et Connaissance ».

A dire vrai, il s'agissait de donner une conclusion à un débat qui se poursuivait depuis plus de trois ans. En 1954, en effet, à l'occasion et, pourrait-on dire, dans le sillage du Congrès International de Philosophie des Sciences, il s'était formé un petit groupe de discussion, qui, du thème limité : « De la machine considérée comme un moyen de connaître l'homme », s'était élevé au sujet plus vaste : « Cybernétique et connaissance ».

Le premier symposium précisa quelques aspects de la question ainsi posée, et la circonscrivit. Et l'on convint de reprendre la discussion après en avoir étudié les éléments, en collaboration, au long d'une sorte de symposium permanent, procédant par échange de notes écrites.

Cet échange d'idées se poursuivit jusqu'en 1957 ; l'essentiel en fut publié dans la revue Dialectica. Et il conduisit à une nouvelle réunion, il y a quelques mois, dans le cadre du Centre international de synthèse et de rencontres, à Zürich.

Un programme soigneusement préparé par le secrétaire du Symposium, le Dr. Sauvan, proposait d'étudier tous les aspects importants de la question. Comme il arrive fréquemment en de telles circonstances, ce programme ne fut suivi que de façon assez lâche. Mais il donna naissance à une libre confrontation de points de vue d'inspirations diverses, parfois divergentes, mais qui se développaient dans une sincérité totale et le désir de se comprendre

mutuellement, le Professeur Gonseth dirigeant avec une fermeté, discrète mais sûre ces débats pleins de vie [1].

Et l'on aboutit ainsi sinon au but désigné, du moins à des résultats importants.

La revue Dialectica en publiera prochainement un compte-rendu détaillé, ainsi que des études particulières où divers membres du symposium développeront des idées qu'ils présentèrent oralement.

Ces travaux trouvent une unité profonde dans leur but commun : contribuer à éclairer les relations entre les idées classiques sur la connaissance et les idées, même encore quelque peu imprécises, qu'apportait la cybernétique. L'on doit reconnaître que le problème même de la connaissance ne fut qu'effleuré, faute de temps. Mais se limitant en fait à la méthodologie de l'acquisition des connaissances, la discussion conduisit à un affinement de la description des méthodes de raisonnement qui prévalent en cybernétique, et, conséquemment, de certains concepts qui s'y lient étroitement.

Ce sont ces concepts de base de la Cybernétique que nous nous proposons d'exposer ci-après.

* * *

Ce tableau des concepts de base de la Cybernétique n'est en aucune façon une axiomatique préalable aux raisonnements cybernétiques.

Il trouve place, naturellement, dans la perspective sous laquelle le Pr. Gonseth propose de considérer les raisonnements scientifiques, et que désigne le terme de « situation ». La « situation » de la Cybernétique dans l'ensemble des activités intellectuelles a fait l'objet de plusieurs exposés au Congrès International de Cybernétique de Namur, de juin 1956. Elle se trouve convenablement exprimée par la définition ci-après, qui contient les autres définitions proposées : « La Cybernétique est l'art de rendre efficace l'action ». Le tableau des concepts de base constituera une autre description de la Cybernétique, mais qui s'attache à décrire individuellement les êtres de pensée

1. Participaient au symposium : Dr Gonseth, Président, L. Couffignal, Vice-Président, Dr Sauvan, Secrétaire Général, Pr. Bernays (Suisse), Dr. Bonsack (Suisse), Dr. Chalier (France), Dr. David (France), Pr. Durrer (Suisse), Pr. Gagnebin (Suisse), Pr. Huber (Suisse), M. Iklé (Suisse), Pr. Konig (Suisse), M. P. de Latil (France), Pr. Mercier (Suisse), M. Ostertag (Suisse), Dr. Pohl (Autriche), R. P. Russo (France), M. Veillon (Suisse), Ing. Gal. Vernotte (France), M. Weber (Suisse), M. Wuedmer (Suisse).

dont les idées que peut provoquer la Cybernétique sont des combinaisons, en vue de constituer un instrument de travail utile — et, on l'espère, fécond.

Pas plus que le pattern de la Cybernétique qui se dégage des exposés du Congrès de Namur, le tableau ci-après ne saurait être définitif. L'un et l'autre — le tableau des concepts de base plus aisément que le pattern précédent — permettent de mettre en œuvre la méthode cybernétique de façon consciente et volontaire. Les résultats ainsi obtenus conduiront, à plus ou moins longue échéance, à une conception nouvelle de la Cybernétique, ou du moins, « l'art de rendre efficace l'action » étant de même durée que l'espèce humaine, à des modes nouveaux de symbolisation du milieu extérieur ou de son comportement et sans doute, à de nouveaux modes d'action. La « situation » de la Cybernétique, alors, ne sera plus la même et peut-être, faudra-t-il adapter à nouveau le tableau des concepts de base à cette nouvelle situation.

Un tel événement s'est produit quelquefois au cours des siècles dans la structure de la connaissance scientifique. Le Pr. Gonseth l'a mis en évidence de façon incontestable, montrant aussi que la connaissance de la nature ne saurait se construire que sur la base de notions décrivant la situation qui est à un moment. La Cybernétique, qui a pour rôle essentiel d'aider à agir sur la nature et à la modifier, est prête à accepter de plus fréquents changements.

C'est donc un système de notions valables dans l'état présent des connaissances et des modes d'action de l'homme sur son environnement que l'on va décrire. On les a voulues les plus générales possibles afin qu'elles servent à toutes les disciplines, chacune ayant à les préciser par des attributs qui lui seront propres, et à les compléter.

Ce système, il va de soi, est proposé à l'essai. Et l'on sollicite des rapports d'expériences et des remarques qui permettent de le perfectionner.

LES CONCEPTS DE BASE DE LA CYBERNÉTIQUE.

A. — L'ETRE HUMAIN.

1. *Être humain :* notion première.

2. *Milieu extérieur* (à un être humain) : ensemble des êtres autres que cet être humain.

Nota. Toutefois, les entités transcendantales, telles que la Divinité, sont laissées en dehors du domaine désigné par le terme de « milieu extérieur à un être humain ».

3. *Action physique sur l'être humain :* action, au sens de ce mot dans les sciences physiques, exercées par le milieu extérieur.

Action physique de l'être humain : action, au sens de ce mot dans les sciences physiques, exercées sur le milieu extérieur.

4. *Environnement* (d'un être humain) : partie du milieu extérieur en situation d'agir sur cet être humain ou de subir son action.

B. — L'ACTION HUMAINE [1].

1. L'action physique d'un être humain :

s'exerce sur une *région limitée* de l'environnement,
s'exerce pendant une *durée limitée,*
commence à un instant déterminé.

Nota. Le premier de ces caractères seul exprime une propriété non évidente pour l'observation courante ; l'être humain ayant une durée limitée, il semble absurde de considérer qu'il puisse avoir une action physique sur l'environnement alors qu'il n'a plus d'existence physique (sans que l'on entende prendre parti au sujet de phénomènes tels que ceux que décrivent les adeptes du spiritisme).

Les mêmes remarques valent a fortiori pour l'action physique du milieu extérieur sur l'être humain. C'est pourquoi on ne les a pas énoncées explicitement.

Mais il a été estimé préférable de rappeler dans le paragraphe 1 des propriétés même évidentes, pour présenter un tableau des propriétés de même esprit auquel on pourra se référer plus utilement par la suite.

2. *Domaine d'action* : ensemble des circonstances (de lieu, de temps, de personnes, etc ...) attachées à une action.

3. Une action, pour s'accomplir, exige :

la définition du *but* de l'action,
une *préparation,*
la *décision* d'agir,
l'*exécution* de l'action.

Nota. Des cybernéticiens, des biologistes notamment, contestent l'existence de la volonté, qui ne leur apparaîtrait que comme la

1. Dans cette section (ainsi que dans quelques autres), on trouve des groupes de termes qui se définissent mutuellement par l'ensemble des phrases qui les contiennent. On sait que les relations mutuelles des éléments d'une situation donnée ne se prêtent pas à une définition dans laquelle chaque terme est entièrement explicable au moyen des précédents.

prise de conscience du commencement d'une action, la décision étant due à des phénomènes physico-chimiques seuls. On a conservé le terme de « décision » avec une signification qui lui est propre comme élément de la situation présente, telle qu'elle se présente aux yeux de la plupart.

4. Le *but* d'une action est d'apporter une modification à l'environnement.

5. *Programme :* description d'un ensemble structuré d'*actes* élémentaires dont la réalisation est présumée accomplir l'action (c'est-à-dire atteindre le but assigné).

6. *Réaction* du milieu extérieur : modification du milieu extérieur en conséquence des actes élémentaires réalisés.

7. *Comportement* du milieu extérieur : mode de réaction du milieu extérieur.

On peut distinguer trois modes généraux de comportement :

comportement passif : la réaction du milieu extérieur est celle que présume le programme ;

comportement déterministe : la réaction du milieu extérieur n'est pas nécessairement celle que présume le programme, mais elle est liée aux agents d'exécution de l'action par des lois connues ;

comportement aléatoire : la réaction du milieu extérieur n'est pas nécessairement celle que présume le programme, et on ne connaît pas de loi la liant aux agents d'exécution.

Nota. Cette classification n'est pas exhaustive. D'autres catégories seront peut-être caractérisées dans une analyse plus approfondie des méthodes d'action.

On peut donner les exemples ci-après de ces divers comportements.

Un piano mécanique a un comportement passif : une bande de carton perforé portant l'indication de tous les mouvements des organes de l'appareil se déroule devant un « lecteur » mécanique, et les organes du piano exécutent exactement les mouvements qui sont indiqués sur la bande perforée.

Une installation de chauffage central offre un exemple de comportement déterministe. La température d'une salle devant rester constante dans le temps, les circonstances, température extérieure, aération, nombre de personnes présentes, etc ..., ne peuvent être prévues, de telle sorte qu'une loi d'ouverture du volet d'entrée d'air dans le foyer consistant en une prédétermination de l'ouverture du volet à chaque instant n'assurerait pas la constance de la température. Mais une loi simple relie une variation de la température dans la salle à une variation d'ouverture du volet : lorsque

la température de la salle dépasse la température fixée, fermer légèrement le volet d'admission de l'air, et lorsque la température de la salle descend au-dessous de la température fixée, l'ouvrir légèrement.

L'existence de cette loi confère au milieu constitué par la salle un comportement déterministe.

On a donné la chasse aux papillons comme exemple de comportement aléatoire du milieu extérieur. L'insecte étant immobile, on s'approche en se dissimulant, et, à l'instant où l'on va jeter le filet, le papillon s'envole vers une autre fleur.

Les exemples de ce troisième cas sont multitude. La plupart des actions de l'homme sur l'homme, ou de l'homme sur des êtres vivants rentrent dans cette catégorie.

8. *Guidage* de l'action : ensemble de moyens mis en œuvre pour que l'action soit efficace (c'est-à-dire atteigne le but assigné).

9. *Cybernétique :* art de rendre efficace l'action.

Nota. 1. La Cybernétique ne se confond pas avec le guidage de l'action. Le guidage est un ensemble d'opérations, les unes matérielles, les autres psychiques. La Cybernétique concerne l'organisation de ces opérations, et aussi de toutes autres nécessaires à l'efficacité de l'action, notamment concernant la préparation et la décision.

2. Les raisons pour lesquelles la cybernétique est présentée comme un art et non comme une science ou une technique apparaîtront par la suite.

C. — L'INFORMATION.

L'organisation du guidage de l'action exige la connaissance du milieu sur lequel l'action doit s'exercer c'est-à-dire que des « informations » sur ce milieu soient fournies à l'agent cybernétique. Les notions relatives à l'information ont ainsi naturellement place parmi les notions de base de la cybernétique.

1. *Information :* ensemble d'un support et d'une sémantique.

Sémantique (d'une information) : effet psychologique d'une information.

Support (ou forme) : phénomène physique associé à une sémantique pour constituer une information.

Nota. Bien que le terme de sémantique, choisi pour éviter de créer trop de termes nouveaux, désigne déjà des notions relatives à des langages, il faut entendre ici par sémantique l'effet psychologique le plus général. Sous ce terme sont compris, par exemple, l'émotion esthétique produite par l'action physique que constitue l'audition

d'une œuvre musicale ou la vue d'une œuvre d'art ou l'effet, souvent inexprimé et peut-être inexprimable dans les langages construits jusqu'à présent, d'une action physique très intense ; on sait qu'une telle action peut même créer des troubles psychiques sans troubles somatiques décelables.

La transmission de scènes ou de musique par la télévision exige également que le terme de sémantique ait une acception aussi générale.

2. *Information permanente :* information dont le support subsiste dans l'espace longtemps après l'instant où elle s'est manifestée.

Information temporaire : information dont le support disparaît peu après l'instant où elle s'est manifestée.

Nota. Les termes « permanent » et « temporaire » sont pris, évidemment, dans un sens relatif. Un texte imprimé, un disque de phonographe conservent des informations permanentes ; l'information apportée par la radiodiffusion est temporaire.

Il est des cas plus subtils : dans une mémoire de Williams, les signaux sont recopiés sur place, sur un écran fluorescent, aussi longtemps que l'appareil est en fonctionnement ; pour le technicien qui construit ou entretient la machine, cette mémoire est temporaire, car l'enregistrement doit être entretenu par renouvellement périodique du signal ; pour l'utilisateur, le « programmeur », cette mémoire est permanente puisque le nombre qu'elle conserve reste à disposition aussi longtemps qu'il est besoin, et que le programmeur n'a pas à s'inquiéter des moyens techniques qui y pourvoient.

3. *Opérations informationnelles :* opérations dont la matière d'œuvre est constituée par des informations.

4. *Création* (d'une information) : opération consistant à associer un support et une sémantique.

5. *Transformation* (d'une information) : opération consistant à changer le support d'une information sans en changer la sémantique.

6. *Transmission* (d'une information) : opération par laquelle la sémantique d'une information est transportée d'une région limitée de l'espace à une autre région limitée de l'espace.

7. *Conservation* (d'une information) : opération consistant à transformer une information en information permanente.

8. *Combinaison* (de plusieurs informations) : opération consistant à créer, à partir d'informations données, une information distincte de ces informations par application d'une règle opératoire déterminée.

9. *Information discursive :* information dont le support est formé de catènes d'un langage déterminé.

10. *Langage :* système dénombrable d'éléments de structure déterminée.

11. *Signe, signal :* élément insécable d'un langage, *signe* désignant un élément permanent, *signal* un élément temporaire.

12. *Catène* (ou expression ou mot) : ensemble de signes ou de signaux constituant les éléments d'une information.

Nota. Dans la terminologie des machines à calculer, une suite de signes, appelée « Mot » (traduction de l'anglais « word »), représente soit un nombre, qui n'est pas un mot à proprement parler, soit un ordre, qui s'exprime par plusieurs mots en langage ordinaire : le terme de « catène », dû à M. Bosset de la Cie Bull, est plus rationnel. Dans le langage ordinaire, le support d'une information est généralement formé de plusieurs mots ; il constitue une « expression » Le terme « catène » évite encore la difficulté.

13. *Syntaxe* (d'un langage) : lois de la structure de ce langage.

14. *Code :* loi de transformation d'un langage en un autre langage.

15. *Pattern :* sémantique d'une information qu'un être humain considère comme une description d'une région de son environnement.

Nota. Un pattern n'est pas nécessairement la sémantique d'une information discursive : tel est le cas d'une photographie qui offre, par exemple, une description d'une région géographique (une description discursive se rencontrerait, par exemple, dans un récit de voyage).

Le terme de pattern est moins général que celui de sémantique, car il ne concerne qu'une information *descriptive* ; l'émotion esthétique produite par un violon ne donne aucune connaissance de la technique du violoniste.

On remarquera toutefois qu'un pattern n'est pas une description de l'univers nécessairement identique pour tous les êtres humains en situation de subir les mêmes actions physiques de cette région. Une hallucination crée un pattern du milieu extérieur qui, généralement, provoque une action contre ce milieu, ce qui montre qu'un tel pattern est un phénomène cybernétique.

En d'autres termes, la notion de pattern ne suppose rien sur la réalité de l'objet que décrit un pattern.

16. *Ordre :* information qui provoque le commencement de la réalisation d'une action ou d'un acte élémentaire.

17. *Information univoque :* information dont le support et la sémantique sont en correspondance parfaite.

Nota. Le lecteur sera peut-être surpris de l'importance donnée à la sémantique de l'information, c'est-à-dire à la signification de l'ensemble de signes ou de signaux qui sont enregistrés, combinés, et, essentiellement, transmis, alors que la plupart des publications sur « l'information » considérée du point de vue cybernétique insistent sur le fait que le sens donné à ce mot le dépouille de toute incidence psychologique.

On ne saurait contester qu'une suite de signes ou de signaux sans signification, ou même incompréhensibles pour qui en subit l'action physique, ne sauraient avoir valeur d'information. Ils constituent un phénomène physique, que l'on peut, au reste, étudier comme tel.

Toutefois, pour une information univoque, qui ne fait correspondre qu'une seule sémantique à un support, des opérations sur les supports correspondent généralement, dans la pratique, à des opérations sur les sémantiques, de telle sorte qu'il revient au même d'opérer matériellement sur les supports, ou, abstraitement, sur les sémantiques. Les opérations sur les supports se réduisent, dans nombre de cas, à des opérations entièrement régies par des lois physiques. C'est alors que s'appliquent les théories cybernétiques où l'on peut négliger la sémantique des informations.

D. — Les mécanismes.

1. *Mécanisme* — au sens dénombrable : système physique qui peut prendre des états successifs différents,

—au sens non dénombrable : comportement d'un mécanisme.

Nota. La définition d'un mécanisme peut paraître trop générale. Il faut noter qu'il est courant de parler du « mécanisme d'une réaction chimique », du « mécanisme de la respiration », du « mécanisme d'un réflexe conditionné », et même du « mécanisme d'une démonstration ». Ces diverses acceptions qui, toutes, sont relatives au sens non dénombrable du terme, conduisent, au sens dénombrable, à des acceptions qui ne peuvent entrer dans une définition commune que si cette définition a la généralité proposée.

La notion de « modèle dialectique » apportera une autre justification d'une telle généralité.

2. *Mécanisme artificiel :* mécanisme construit par l'homme.

Mécanisme naturel : mécanisme non construit par l'homme.

3. *Milieu extérieur* (à un mécanisme) : ensemble des êtres autres que ce mécanisme.

4. *Action physique sur un mécanisme :* action, au sens de ce mot dans les sciences physiques, exercée par le milieu extérieur.

Action physique d'un mécanisme : action, au sens de ce mot dans les sciences physiques, exercée sur le milieu extérieur.

5. *Environnement* (d'un mécanisme) : partie du milieu extérieur en situation d'agir sur un mécanisme ou de subir son action.

6. *Logique* d'un mécanisme : description des relations que présentent les états successifs d'un mécanisme entre eux et avec son environnement.

Technologie d'un mécanisme : description des êtres physiques dont un mécanisme est constitué et de la façon dont ils concourent à accomplir la logique de ce mécanisme.

7. *Mécanisme finalisé :* mécanisme considéré comme établi pour des interactions avec son environnement exclusivement déterminées.

Nota. La tournure de langage adoptée est destinée à ménager le cas, courant en biologie, où l'on donne pour but au comportement d'un organe ce que l'on constate qu'il fait. On dit, par exemple : les jambes fines des antilopes ont pour but de permettre une course rapide. On dirait encore « ... ont été modelées par l'évolution de manière que ... » ; la notion de finalité subsiste sous la forme descriptive de l'expression. D'une façon générale, même au niveau de vie le plus sommaire, les phénomènes biologiques sont décrits comme s'ils avaient pour but de maintenir la survivance de l'individu et sa reproduction.

8. *Données :* actions physiques exercées par l'environnement sur un mécanisme finalisé.

Résultat — actions physiques exercées par un mécanisme finalisé sur son environnement,

— modifications de l'environnement dues à l'action du mécanisme.

9. *Fonction* d'un mécanisme finalisé : relation établie par le mécanisme entre les données et le résultat.

10. *Organe* d'une fonction : mécanisme (généralement partie d'un autre mécanisme) qui réalise une fonction.

11. *Organe d'entrée* d'un mécanisme finalisé : organe qui reçoit les données.

— *Organe de sortie* d'un mécanisme finalisé : organe qui fournit le résultat.

Nota. Il faut entendre par organes d'entrée et organes de sortie les organes qui sont en interaction *immédiate* avec le milieu extérieur.

12. *Matière d'œuvre* d'un mécanisme finalisé : partie de l'environnement (ou catégorie de substances) à laquelle s'applique la fonction d'un mécanisme finalisé.

13. *Mécanisme informationnel* (appelé *effecteur* en biologie) : mécanisme dont la matière d'œuvre est constituée par des informations.

14. *Machine :* mécanisme artificiel, construit pour un but défini par l'homme.

Nota. La définition d'une machine comme un « mécanisme finalisé artificiel », qui peut paraître suffisante, ne l'est pas en réalité. Un mécanisme artificiel peut être construit de manière à se donner lui-même une finalité par le jeu de son fonctionnement (modèle du Dr. Sauvan).

En outre, il convient de noter la différence profonde entre la notion de « machine » et celle de « mécanisme naturel finalisé ». Un mécanisme naturel finalisé se comporte *comme si* il avait été conçu pour remplir une fonction déterminée ; une machine a été véritablement conçue *pour remplir* une fonction. Dans le cas, qui est le plus général, où un même organe d'un mécanisme finalisé assure plusieurs fonctions, on attribue à ces fonctions des importances diverses, ou même des définitions diverses, dont les rapports peuvent changer avec les circonstances. Une machine, par contre, a une fonction fondamentale prévue par construction qui ne peut changer par suite d'un changement de point de vue de l'homme. La finalité d'un mécanisme naturel est dans l'esprit du savant, celle de la machine est dans la matérialité de la structure qui lui a été donnée.

15. *Machine informationnelle :* machine dont la matière d'œuvre est constituée par des informations.

16. *Machine sémantique :* machine informationnelle dont le résultat est une information discursive.

Nota. On peut donner comme exemples de machines sémantiques les machines à calculer, les équipements de télécommunications, les machines à traduire.

Servo-mécanisme : une machine informationnelle dont le résutat est un ordre donné à un agent physique sur l'environnement de la machine (cet agent est appelé *effecteur* dans la doctrine des servo-mécanismes).

17. *Cybernétique d'une machine* (ou *d'un mécanisme finalisé*) *:* partie de la logique de la machine qui concerne le guidage de cette machine ou de ce mécanisme.

18. *Organes cybernétiques* (ou *régulateur*) *:* organes qui assurent le guidage de l'action d'un mécanisme finalisé ou d'une machine.

19. *Automatique:* qualité d'un mécanisme finalisé qui assure son propre guidage.

20. *Séquentiel* (ou *à programme*) : qualité d'un mécanisme finalisé dont le guidage peut être assuré par un programme invariable.

Nota. Un mécanisme séquentiel suffit pour atteindre le but lorsque l'environnement a un comportement passif.

21. *Réflexe:* qualité d'un mécanisme finalisé dont le guidage peut être réalisé par rétroaction (feed-back).

Nota. Un mécanisme réflexe suffit pour atteindre le but lorsque l'environnement a un comportement déterministe.

22. *Adaptatif:* qualité d'un mécanisme finalisé qui peut changer lui-même sa structure ou la fonction de ses organes.

Nota. 1. Un mécanisme adaptatif est nécessaire pour atteindre le but lorsque l'environnement a un comportement aléatoire. On ne peut affirmer, dans l'état des connaissances du moment, qu'il soit suffisant.

2. L'homéostat de Ross Ashby est un bon exemple de mécanisme adaptatif.

3. Les termes de séquentiel, réflexe, adaptatif sont pris dans les publications de M. Boulanger. Ils ont l'avantage d'évoquer immédiatement la fonction principale du mécanisme.

E. L'analogie.

1. *Mécanismes analogues:* mécanismes dont certains organes se correspondent deux à deux par la condition de remplir des fonctions identiques.

2. *Analogie* — au sens dénombrable : fonction commune à deux organes qui se correspondent dans deux mécanismes analogues, — au sens non dénombrable : propriété de deux mécanismes analogues.

3. *Principe général:* les fonctions identiques de deux mécanismes analogues (qui sont les « analogies » de ces deux mécanismes) sont désignées par le même terme, ainsi que, autant que possible, les organes correspondants.

4. *Modèle* (d'un mécanisme ou d'une fonction) : mécanisme artificiel comportant certaines analogies avec un mécanisme donné et ayant pour but de faire apparaître d'autres analogies.

Nota. Il importe de distinguer avec soin : mécanisme, machine et modèle.

Une machine et un modèle sont des mécanismes particuliers.

Une machine et un modèle sont construits par l'homme, tandis qu'une multitude de mécanismes sont offerts par la nature à l'observation de l'homme, sans que l'on sache comment ils ont été construits.

Une machine et un modèle ont un but *imposé* par l'homme ; un mécanisme naturel n'a de but que *attribué* par l'homme, par analogie avec des mécanismes artificiels.

La machine et le modèle se différencient par la nature du but qui leur est assigné ; le but d'une machine est de remplacer l'homme dans une action sur le milieu extérieur ; le but d'un modèle est de remplacer, le mieux possible, un autre mécanisme pour l'observation ou l'expérimentation que l'homme veut faire en vue d'acquérir des connaissances nouvelles. Remarquer que cette définition de la fonction d'un modèle est également valable pour les modèles de recherche, tels que les animaux artificiels de Grey Walter et pour les modèles d'ingénieurs, tels que les maquettes d'avion en soufflerie ou la cuve rhéostatique, ou les modèles réduits de turbines hydrauliques.

5. *Modèle physique* (s'il y a lieu de préciser) : modèle dont les organes sont des systèmes matériels en interaction.

Modèle dialectique (s'il y a lieu de préciser) : modèle constitué par la logique d'un mécanisme donné, décrite dans un langage.

6. *Simulateur* d'un mécanisme ou d'une fonction ; mécanisme ayant pour seule analogie avec le mécanisme donné, d'atteindre le même but.

F. — La mentalité.

Dans un être humain ou un mécanisme, on appellera du point de vue de la Cybernétique :

1. *Mémoire :* la fonction qui assure la conservation des sémantiques des informations reçues.

2. *Imagination :* la fonction qui assure la combinaison des sémantiques.

3. *Volonté :* la fonction qui élabore les décisions.

4. *Mentalité :* la fonction dont la mémoire, l'imagination, la volonté sont des éléments.

5. *Mémoire permanente :* la mémoire des informations dont la sémantique est permanente pour la mentalité.

Mémoire temporaire : la mémoire des informations dont la sémantique est temporaire pour la mentalité.

Nota. Les définitions précédentes sont inspirées des derniers ouvrages et publications de Grey Walter. Grey Walter y a été conduit par le souci de dépouiller de leurs évocations métaphysiques des termes que la biologie emprunte à la psychologie classique. La signification de ces termes en psychologie comprend un ensemble d'attributs proprement cybernétiques, en ce sens qu'ils désignent des fonctions de l'être humain en action, nuancés selon les doctrines d'autres attributs, divers. Le terme « fonction » est pris soit au sens biologique usuel, soit au sens cybernétique, qui se trouvent ici identiques. De même que la fonction d'assimilation produit, à partir des aliments et de l'air, l'énergie nécessaire à l'action, la fonction de mentalité produit, à partir d'informations reçues ou déjà en mémoire, les informations nécessaires à la préparation et au guidage de cette même action.

En Cybernétique, on réduira donc la définition de ces termes aux attributs qui caractérisent la fonction qu'ils désignent.

L'utilisation de ces notions pour les mécanismes et les machines (notamment les machines à calculer et les autres machines sémantiques) se fait par application du principe E3, qui propose de désigner les mêmes fonctions par le même terme. Il est ainsi parfaitement justifié de parler de la mémoire d'une machine ou de ses organes de décision — étant explicitement entendu que les seuls concepts évoqués par les termes de « mémoire » ou de « décision » que l'on ait le droit de retenir sont ceux qui résultent des définitions du présent tableau des concepts de base de la cybernétique.

* * *

L'acquis du symposium de Zürich qui paraît le plus important au regard de la méthodologie cybernétique est :

— une définition précise de l'*analogie*, et
— l'élargissement de la notion de *modèle*.

Ces deux notions sont étroitement liées, et c'est en toute vraisemblance au moyen de modèles que se pratiquera de plus en plus le raisonnement analogique.

Mais la notion de modèle dialectique permet de mieux préciser les idées : on dira, par exemple, que l'équation commune aux phénomènes d'un même groupe est un modèle dialectique de ces phénomènes. Les fonctions des éléments du modèle sont celles que jouent les termes de l'équation ; et l'on voit comment l'analogie entre les phénomènes s'établit par l'intermédiaire de ces termes.

Une description des phénomènes dans le langage ordinaire, lorsque le langage ordinaire est propre à une telle description, est

aussi un modèle dialectique. Et tel esprit peut la préférer à une description en termes plus savants, et s'en servir avec efficacité. On conçoit aussi que les langages existants soient insuffisants. C'est ainsi que le Doyen Glangeaud a engagé la recherche d'une symbolisation des phénomènes géologiques plus fidèle et plus efficace que les symbolisations que permettent les moyens actuels.

L'extension du raisonnement analogique demande donc la construction non seulement de modèles physiques mais aussi de modèles dialectiques nouveaux, cette nouveauté pouvant aller jusqu'à une révision des moyens d'expression que constituent les langages et les modes de représentation symbolique du réel en usage au temps présent.

La notion générale de modèle va permettre encore de préciser sur deux exemples l'originalité de la Cybernétique en la différenciant de la Science et de la Technique.

Lorsque, avec Fourier et Fresnel, furent établies les équations de propagation des vibrations lumineuses, qui avaient la même structure que les équations des vibrations mécaniques, on s'aperçut que les termes de ces équations qui, pour les vibrations mécaniques, représentaient les propriétés élastiques des corps matériels vibrants, ne représentaient aucune propriété des corps connus, quand il s'agissait des vibrations lumineuses. On imagina, dès lors que tous les corps baignaient dans une matière subtile qui les pénétrait partout, et qui était la « chose » dont les vibrations constituaient la lumière ; on l'appela l'*éther*. Et la nécessité d'attribuer à cet éther des propriétés contradictoires, selon les phénomènes lumineux qu'il devait supporter, créa un profond embarras.

Le raisonnement qui conduisit à imaginer l'éther est, il est clair, un raisonnement analogique. Dans la situation de l'époque, l'analogie n'était considérée que comme un moyen de fortune pour imaginer des hypothèses que l'on devait éprouver ensuite par l'expérience, et ces hypothèses devaient entrer, nécessairement, dans le système des vérités établies. Or, la mécanique était la plus sûre des Sciences, la plus « parfaite », au sens kantien du mot, et les autres devaient se mouler sur elle. On ne pouvait concevoir que l'analogie ne s'étende pas à tous les termes de l'équation auxquels la théorie des vibrations mécaniques attribuait un correspondant concret.

Mais on doit remarquer aussi que, pendant près d'un siècle, l'optique ne cessa de progresser malgré l'incohérence de la théorie de la lumière. Or, que furent ces « progrès » de l'optique ? Ils consistèrent à construire des instruments permettant de voir plus loin, de distinguer des objets plus petits, d'éclairer des objets plus éloignés. Il suffit de parcourir les ouvrages et les mémoires où se déve-

loppent les recherches correspondantes pour constater que l'on ne s'est jamais servi des propriétés de l'éther, ou que l'on ne peut supprimer les paragraphes qui en parlent sans que l'efficacité du reste en soit affectée.

Voir des objets ou les éclairer, c'est agir sur l'environnement, et l'organisation de cette action relève de la Cybernétique. Le modèle dialectique que constituent les équations des phénomènes lumineux est suffisant au cybernéticien, dès qu'il lui fournit des informations assurant une action efficace ; ce modèle peut, sans inconvénient, contenir des termes sans correspondant dans le réel, de même que dans les « tortues » de Grey Walter, les roues qui leur permettent de se mouvoir n'ont pas de correspondant dans les pattes de l'animal.

Les constructeurs d'appareils d'optique, en négligeant tacitement ou inconsciemment des considérations inutiles à l'efficacité de l'action, avaient pris avant l'heure position de bons cyberneticiens.

C'est œuvre de pure science, par contre, que construire une « théorie » de la lumière.

L'exemple montre que, de façon générale, la science se propose d'intégrer le réel dans des structures abstraites prédéfinies, s'accordant toutefois de modifier, même très profondément, ces structures quand l'événement l'y contraint.

Rien de contradictoire n'apparaît entre la science pure et la Cybernétique : deux attitudes de pensée différentes, seulement. Usant des termes proposés dans les pages précédentes, on dirait : Un modèle dialectique étant construit, la Science en juge la valeur selon des critères d'intégrabilité dans le système hypothético-déductif considéré comme vrai dans le moment, la Cybernétique en juge selon des critères d'efficacité pour l'action.

Il est à noter, toutefois, que l'action sur le milieu extérieur assez particulière qui consiste à réunir des connaissances et à les coordonner est gouvernée par une Cybernétique. Nous voici au cœur même du problème qui était proposé au symposium de Zürich.

L'exemple montre encore combien importante sera l'étude des relations entre la structuration des connaissances que se propose le savant, en tant que tel, et la structure de ces mêmes connaissances en vue d'en accroître l'étendue, que demanderait à ce même savant la Cybernétique de la recherche scientifique.

Voici le second exemple, encore emprunté à l'optique.

Au dernier symposium de Londres sur la théorie de l'information (1955), Denis Gabor a présenté un modèle dialectique de la transmission de l'information attachée à la vision d'un corps lumineux, appelé « objet », à un autre corps lumineux, appelé « image », à travers un système de corps, appelés « milieux transparents », modèle

dans lequel ne figure aucun élément ayant des propriétés analogues à celles de l'être physique appelé « lumière ».

C'est l'*existence* même — au sens du mot dans la langue usuelle et dans celle des sciences physiques — de l'être appelé « lumière » qui est en cause. La lumière est, pour ce modèle dialectique, un être, un organe inutile, donc, cybernétiquement, superflu. En adviendra-t-il de même des notions analogues de chaleur, de force, et d'autres sans doute ?

La pensée cybernétique, en réduisant le modèle dialectique d'un phénomène à ce qui suffit à assurer l'efficacité de l'action, altérerait ici profondément l'idée que se fait l'homme de son environnement.

C'est, non plus le problème de l'acquisition de connaissances, mais le problème philosophique de la connaissance, de l'existence des êtres extérieurs à la mentalité et de la causalité des phénomènes qui se trouve ainsi atteint. La notion de modèle, dans la généralité que l'on a proposée, permettra sans doute de mieux formuler ce problème et, ainsi, pourra contribuer à le résoudre.

* * *

Revenant à un point de terminologie plus particulier, on voit comment la Cybernétique se distingue à la fois de la conception classique de la science, structuration des connaissances de manière qu'une connaissance se déduise d'un système d'axiomes par un raisonnement déductif, et de la Technique, application à la réalisation d'une action de règles propres à cette opération. C'est pourquoi la Cybernétique, qui consiste à organiser des connaissances en un programme d'une action et à assurer le guidage de l'exécution de ce programme, est véritablement *un art.*

On voit aussi que les concepts de base que l'on a définis couvrent tout le domaine que Norbert Wiener assignait à la Cybernétique, et la dépasse même. La régulation d'une machine appartient dans sa totalité à la Cybernétique. La régulation d'un mécanisme également, y compris la régulation des mécanismes naturels des êtres vivants ; toutes les analogies et tous les modèles que l'on peut construire à l'occasion de cette étude sont pleinement cybernétiques. Le sont également les modèles de comportement des groupes sociaux et les modèles dialectiques dont la considération plus ou moins explicite fonde les actions de la Politique. Mais les conditions d'efficacité d'un raisonnement analogique que l'on a pu préciser permettraient de ramener dans le domaine du rationnel nombre de raisonnements auxquels on ne trouve souvent d'autre fondement que l'intuition.

CYBERNETICA (Namur)
Vol I — N° 1 — 1958

Education for data processing. The Real Challenge to Management. [1]

by John Diebold,

President, John Diebold & Associates, Inc. (New-York.)

The great issues of the world can often be narrowed to a single point. I think this is the case with automation. The machines and the problems they pose for management are enormously complex. But if we look about us at the changes that are taking place, I think we will find that one problem emerges as basic.

That problem is education.

The task of putting this new technology to work requires enormous human change. Change in replacing the traditional foundation of our business organization, division of labor, with the concept of the integrated system. Change in supplanting intuitive problem solving with scientific problem solving. Change of this magnitude is not going to be brought about by leasing a machine and then sending ten or twenty people to programming school to learn how to operate it. These changes are basic to the way we organize and operate our business.

The need to make these changes presents business management with the most colossal job of education we have ever faced. The need is here to-day. We have no choice but to meet it, and to do so at once. The men and women already in business are the ones who must bring about these changes. They must be adequately trained for the task. And for the present at least, this gigantic training effort must be performed by business itself. There is no other institution able to do the job, now.

To-day, we possess large numbers of splendid new machines as technically complex and powerful as any that man has ever built. Well over 1,000 computers are already in operation in the U. S.

---

1. Based on a lecture delivered at Dartmouth College by John Diebold.

alone. But if the real facts be known, extremely few of these machines are being used in a way that even begins to exploit their full potential. All but a tiny traction are doing precisely what was done equally well—and in many cases at far less cost — by punched card machines and in some cases by hand. This is an almost unequalled example of sheer waste of a great business resource.

Why are these wonderful machines being so ineffectively used ? Is it because there is virtually no realization of the magnitude of the task of using them properly and little understanding at all of how to use them to solve management problems. Consequently, there is an urgent need for basic education in training of the men and women in business, not just in how to work the machines, but in the far more difficult task of how to employ them properly and profitably.

This basic lack of understanding is, I believe, because most management has been too uncritical in accepting the machine as the whole substance of automation. Month in and month out, the businessman reads that the ultimate in automation is a computer, a fascinating intricate machine that can do arithmetic at the speed of light. This machine, he is told, is the answer to a personnel manager's prayer because it never makes a mistake or gets a headache in the middle of the afternoon or leaves its department short of help because it has decided to get married.

He is seldom told that anything the machines may do to relieve a shortage of clerks is trivial compared with what they could do to improve the way his business runs. And he is seldom told that the machines are the least important aspect of automation. He does not yet understand that a computer is not, by itself, automation, however big and fancy and expensive it may be, that it is nothing more than a tool, just as surely as a hammer or a wrench or a typewriter or an adding machine is a tool.

The machines of automation are only symbols of fundamental developments that are taking place in the way we organize our world. The training of management personnel must reflect this fact. But such education programs as have accompanied automation hardly even begin to reflect it because businessmen who understand this themselves are as rare as whooping cranes.

Preoccupation with hardware is by no means unique to automation. It was true of the first industrial revolution as well. The symbol of that great movement was power-driven machinery. But, as Paul Mantoux points out in his excellent study, *The Industrial Revolution in the Eighteenth Century:* « ... the use of machinery itself, important as are its consequences, is only a secondary phenomenon ».

It was the changes in human organization, in this case division of labor and the exchange of commodities, that were the revolution. Power-driven machinery was the tool that made the revolution posible and made it work.

To get some idea of the extent and depth of the changes that are starting to take place through automation, think for a moment of all that is implied in the concept of an integrated system of work, for example, a single computing machine capable of performing many operations at once. This beguilingly simple concept is revolutionary in its meaning and implies a fundamental change in the way we have been doing business for the last two hundred years. It is in direct conflict with the very concept of the division of labor, which has been the key to business organization from the time of Adam Smith's pin factory to to day's jet engine production line.

The division of labor, the breakdown of work into simple elements which can be performed repetitively and efficiently, was the great organizational achievement and heart of the factory system that began in the 1750/s. It was the division of labor that made it possible for the one-man shop of the artisan and the one-man office of the eighteenth century to grow into the complex modern business organization.

As machines appeared, they were simply inserted into the process to mechanize specific skills. The result is that offices, as well as factories, are organized by functions. Payroll preparation, billing, accounts payable, cost and financial accounting are handled by separate people or separate departments, and where they have been mechanized, they are mechanized in the same way.

Even the introduction of punched card machinery in the form of central processing units has not changed this organization. The same machines may be used to process all types of work, but the jobs are still run separately and are only related to one another in the most general way. The tabulating room, for instance, will make a payroll run, followed by a cost distribution run, then a payable run, each one handled as if it were an entirely separate job.

Automation and its related technology present us with the means to build a machine system that can handle a great number of information-processing tasks simultaneously. For example, processing new orders, scheduling-production, checking raw materials inventory, placing orders for new material, cost distribution and machine loading can all be handled as part of the same interrelated problem — which of course they are in the real world.

What this means is that we now have the ability to organize our

work in closer relation to reality. We no longer need to make the organization of paper work as much of an abstraction from day-to-day happenings as it has always been.

In order actually to do this, however, the businessman is faced with a wholesale reorganization of work, the likes of which he has never before even had to contemplate. If he uses the new machines of automation just to do more rapidly to-morrow what he is already doing to-day, he will not have come to grips with the problem ; worse, he will have-l et slip the opportunity of his business lifetime.

At the start, and for quite a few more years, the practical solution to this problem is going to have to come from business itself. There is no hope, in the immediate future, that the buck can be passed along to the colleges and high schools. In time, if business understands what its needs truly are and makes these needs known, the educational system will begin to produce young men and women trained not just to use automation equipment but to understand the potentials of automation.

But as things stand, the great bulk of the people who must accomplish the crucial task of administering the conversion to automation, and those who are going to be living and working in a world at least partly automated, are men and women who have already completed their formal education and are now working in business and industry. The responsibility for training these people is largely that of private business, and the task is a far larger one than most managements as yet realize.

Current attempts at training in data processing depend largely on the courses in how to use the machines that equipment manufacturers give to their customers' personnel and on a few similar university extension programs. Such training is almost always tied to the machines of automation, and it is hardly adequate even to develop a proper understanding of the machines. It rarely begins to indicate the problem of how to apply them. Moreover, these schools are tied not only to machines, which is bad enough, but to the machines of one particular manufacturer. Attending only one of these schools is something like expecting to learn all about political science by spending a few weeks in the local Republican or Democratic headquarters.

What is needed is that training is more basic, broader in scope, more intensive, given in greater depth. The success of a computer installation depends only partly on adequate technical training in programming for those who will actually convert a given business task to machine instructions. Even this is a training problem

that, in itself, requires many months of on-the-job instruction beyond the scant month or two in a manufacturer's school, if a prudent businessman is to feel confident that the success or failure of the entire program is not just a gamble. A successful computer installation depends even more on training in depth many individuals within the organization who are not directly involved in any way with the machine or its operation.

For example, the sales manager must understand a good deal about what a computer can do if he is even to begin to take advantage of its powerful potential for producing new kinds of market and distribution analysis. It is the sales manager, not the head of the data processing center, who knows what sales information is critical. The computer man can only present what he thinks the sales manager needs. This is equally true of production control, of cost and financial accounting-indeed, of virtually all areas of business management.

Education in breadth as well as in depth is needed, if top management is to know how to specify its requirements and if middle management is to understand how to structure the problem, what kind of data to gather and how to analyze it. I am personally convinced that one reason business computers have not produced better results is that new reports and analyses have almost always been produced — and have had to be produced — by the computer people ; executives have not known enough about the computer's potential to phrase their information specifications in any but the most general terms.

Few businessmen have even begun to think about these problems in nearly specific enough terms. But it is business that will have to find the immediate solution through in-company training programs and extensive allocations of time and funds for training.

Another thing businessmen are going to have to learn is how to administer programs of basic research. There is a great deal we do not yet understand about how best to use a computer — a scientific instrument now being adapted to business use — to analyze and improve business organization and practices. This phase has some elements of a business problem, some of a genuine scientific research problem, since it demands the application of scientific, often mathematical, methods to the problems of the business world.

Business application of these methods has not been very satisfactory. One reason is that management has looked to the mathematician or scientist to come into the company with his magic bag of equations to analyse the problem. As often as not, the scientist has naively accepted the invitation, completely underestimating

the complexity of the business problem, wallowing around for months or even for years with little or nothing in the way of useful results.

The task here faced by the businessman is to bridge this gap between business problem and scientific solution and to administer research efforts that are basic in character. It is no easy problem. The national origin of our new moons is standing proof both of the rewards of the scientific approach and the dangers of applying old-fashioned business management to a research effort. The task of finding new methods of administering and guiding basic research in business is as difficult as it is pressing.

The immediate educational burden imposed by automation is one that must be solved largely in the gray flannel world of Cash McCall and Willis Wayde. But it does not end there. Business, of course, cannot be expected to shoulder the long-term educational problem alone. In the long run, it must depend on the high schools and colleges to do the job for which they were established. But even then it is the responsibility of business to make clear its real needs. Its influence can be important, perhaps crucial, in determining what kind of education will be offered.

The most important requirement of the new education is high quality. We have all heard a lot of talk about the current shortage of engineers. Every year, we are told, the United States fall some thousands short of the number needed ; by 1970, according to the U. S. Office of Education, we will require 50.000 to 60.000 new engineers a year, twice as many as the U. S. graduated in 1956. We hear much less about the quality of the engineers we are turning out and about the kind of training they are getting.

In the age of automation and other complex new technical developments, Professor Gordon S. Brown of M. I. T. [1] has pointed out, « Those electrical engineers who learned only to go to the handbook for recipes having to do with generators, transmission lines, or telephones are not prepared to cope with new developments, much less to contribute to them ... We believe we should prepare students not only for electrical engineering as it exists to-day but to play a creative role in and to lead the electrical engineering of to-morrow. »

I think it is a healthy sign that business, too, is coming to recognize that narrowly specialized training is precisely the wrong kind of training for the men who will be expected to play a creative role in designing and building machines for an age of automation. « Teach your students the basic principles which will never change », one

2. Massachusetts Institute of Technology.

industrialist has urged. « Don't teach them current engineering practice. If you teach them current practice, the chances are that it will not be the practice of my company, and if it is, the practice will be obsolete before the students can use it ». One real contribution businessmen can make is not only to support but to spread this point of view.

But beyond this, there is an even larger educational problem that affects all of us. Despite all that has been said about automation's narrowing man's role, everything I have seen in the actual evolution of automation in the last eight or ten years convinces me that there will be an increasing importance and a greater role for the individual. Of one thing I am certain : *automation is going to demand far better educated men, in the fullest sense of the word.*

The easiest mistake one can make, and certainly the most common, is to assume that scientific training must be the root of all education in the future, and that only those trained as scientists will play important roles. This is a mistake not because technology is unimportant, but because what is truly important, both for technology and for society as a whole, is orderly thinking, and orderly thinking is neither necessarily nor exclusively developed by studying science.

Automation, and technological advances as well, demand an ability to adapt to rapid change. Change in our frame of reference, change in the parameters of our everyday world, is continual and is increasing rapidly. Training in specific skills, greater and greater specialization, is a desparate and misguided reaction to such change. It is self-defeating, for to-day's specialty is replaced by to-morow's new need.

The main task, then, is to train people who can adapt to change. We must do this with managers and we must do it with workers. And in choosing our methods, we can do no better than to heed the advice the philosopher Alfred North Whitehead gave more than 25 years ago, for it is even more true to-day : « It is of no use to train the young in one very special process which will probably be superseded before they are middle-aged. Give them alert minds exercised in observation and in reasoning, with some knowledge of the world about them, and with feeling for beauty ».

Réflexions pour un nouveau schéma de l'homme.

par Aurel David

du Centre national de la Recherche Scientifique (Paris), Docteur en Droit.

A Pierre Ducassé.

Chapitre premier

BUT ET MOYENS

Cherchoit dans l'homme et dans la bête,
Quel siège a la raison, soit le cœur soit la tête.

La Fontaine, *Démocrite et les Abdéritains.*

Pour cette raison, il convient de soumettre périodiquement à un examen très approfondi les principes que l'on a fini par admettre comme indiscutables.

Louis de Broglie, *Nouvelles perspectives en microphysique.*

Aux récentes discussions de Zurich [1] dont les participants ont gardé un si profond souvenir, plusieurs dualités se sont fait jour entre les mains et presque contre le gré des cybernéticiens présents : entropie et neg-entropie, information quasi-immatérielle et support matériel, et surtout une dichotomie particulière, un élément hétérogène aux machines fuyant hors de l'épure cybernétique.

1. Entretiens à l'École polytechnique fédérale de Zurich sur le thème : « *Cybernétique et connaissance* », septembre 1957.

Or, les chances des dualismes sont maintenant très pauvres. La biologie et les sciences positives sortent victorieuses de la lutte contre les dualismes, vitalistes ou autres, dont elles nous ont débarassés. En souvenir de ces anciennes divisions, toute allusion à quelque allure bifide de l'homme peut sembler superstition, inculture ou simplement manque d'esprit de finesse. C'est dans de tels moments de plénitude d'une théorie portée par ses acquisitions indiscutables et aussi riche d'avenir que de passé, qu'apparaît généralement le fait nouveau et troublant.

Or, les nouvelles dualités des cybernéticiens rappellent celles du Droit. Avec une grande élévation de vues, M. Couffignal définit la Cybernétique comme « l'art de rendre l'action efficace ». Mais les sciences morales s'occupent elles aussi de l'action.

La grande force de la Cybernétique est de se construire du simple au complexe, sans solution de continuité. Les sciences s'insèrent dans le réel à des paliers différents : cellule, être vivant, conscience, sans qu'un passage continu puisse être ménagé de l'atome à la cellule, de celle-ci à l'organisme humain, etc. Notre vision ne saisit que les zones favorables, là où la loi des grands nombres permet de négliger le détail des étages inférieurs.

Le cybernéticien, au contraire, si jamais il devait construire un homme, le construira roue dentée par roue dentée et lampe par lampe, sans jamais perdre le plan de cablage ou le compte de ses pièces. Pour de très nombreuses raisons le Droit agit de la même façon.

Ce procédé admirable entraîne de graves difficultés pour l'étude d'une organisation aussi complexe que celle de l'homme. Un sauvage essaiera de comprendre un poste de TSF pièce par pièce, mais sa vie ne suffira pas à restituer un seul des étages du poste. Le Droit, comme ce sauvage, et comme la Cybernétique, a, lui aussi, approché l'homme pièce par pièce. Profitant de son acquis c'est le Droit qui pourrait donner maintenant un premier plan d'ensemble, quoique ce privilège d'aînesse doive s'arrêter très vite.

Ne pouvant espérer nous élever d'emblée aux lignes d'un tel schéma nous commencerons à placer ici, sur la ligne de départ, un certain nombre de définitions très proches de celles de la pensée courante. Puis nous essaierons de les perfectionner, chacune s'appuyant sur les progrès des autres, ce qui nous permettra de les retrouver toutes, fortement évoluées sur la ligne d'arrivée.

Note. Certains points qui ont été développés dans la thèse de doctorat de l'auteur ne sont que brièvement indiqués ici. Le signe (°) renvoie à cet ouvrage [2].

2. AUREL DAVID, « *Structure de la personne humaine* » un vol., 1955.

Première partie : Définitions diverses.

Humain. Inhumain.

1. Cette summa divisio sera prise ici dans son sens courant, l'humain et l'inhumain étant vus comme les deux éléments (au sens le plus fort de ce mot) de l'univers.

En additionnant ou en composant chimiquement des objets inhumains on obtiendra toujours de l'inhumain composé (on pense communément que l'on n'obtiendra jamais un homme à partir de roues dentées ou de combinaisons chimiques). Les deux parcelles initiales des séries humaine et inhumaine devraient être élémentairement différentes et irréductibles l'une à l'autre.

2. Les animaux et les plantes ne figureront pas encore sur notre ligne de départ (l'expérience morale et juridique est à peu près nulle à leur égard)

3. Point remarquable, constamment admis par la pensée courante : malgré leur différence de nature, *l'humain et l'inhumain agissent l'un sur l'autre :* l'homme peut lancer une pierre, une pierre peut effrayer un homme.

4. En raison de l'évolution de la pensée scientifique, la pensée vulgaire n'est sans doute plus aussi assurée que dans le passé, au sujet de l'humain. Peut-être l'homme surgit-il par composition et *gestaltisation* à partir de cette matière inhumaine qui appartient à la série de Mendeleev. Mais dans ce cas, il faudrait dire plutôt *qu'il n'existe pas d'homme* et que l'un des termes de la dualité fait défaut : tout serait alors inhumain (simple ou composé).

De par la méthode adoptée ici, nous ne saurions, dès à présent, prendre quelque parti. Mais de telles pensées unificatrices n'affectent que très peu notre vie active et notre ligne de conduite.

Nous prendrons donc comme point de départ provisoire la distinction vulgaire : humain-inhumain, distinction qui s'est éloignée de plus en plus de l'optique des sciences. Cela nous permettra d'aligner de façon cohérente ces termes avec d'autres (tels que *le but*), au sujet desquels les sciences n'ont encore pris aucun parti et dont nous devons chercher la définition de départ dans la pensée vulgaire et dans la théorie obscure qui se dégage de la façon dans nous établissons notre action dans la vie courante.

Au cours de ce premier chapitre, les termes : humain, but, machine, etc. resteront sans changement sur la ligne de départ. « Humain » et « Inhumain » seront les derniers à évoluer (Chapitre III) lorsque tous les autres termes auront déjà quitté leur signification courante.

Incorporé. Non incorporé (°).

5. Sera *incorporé* tout ce qui fait partie de l'homme biologique. Grossièrement, est incorporé tout ce qui se trouve à l'intérieur du contour de l'« homo sapiens ». Il y a des difficultés de frontière : ainsi les cheveux les dents, les ongles, l'air des poumons, les aliments ingérés, le lait humain. Ces détails ne nous intéressent pas encore. Dans la plupart des cas, la distinction est facile à établir : la main, les jambes, le cœur sont incorporés, la pince, l'automobile, les nuages sont non incorporés.

6. Tout ce qui est *non incorporé* est inhumain (une table, un ordinateur). Les anciens pensaient que l'inverse était vrai. Ignorant la quantité de substances élémentairement inhumaines (carbones, eau, calcium, etc.) tissées dans l'homo sapiens, ils croyaient à un homme sui generis, ne comprenant aucune parcelle inhumaine. Nous pouvons encore conserver une présomption d'humanité pour tout ce qui est incorporé.

7. Des parallélismes s'établissent cependant entre certains organes de l'homme et les appareils inhumains. (voir plus loin, modèles, simulateurs, lois, etc.).

Pour l'instant nous ne pouvons prendre parti sur le principe du maximum d'automatisme. Nous pouvons dire, vulgairement, cependant, que, malgré l'insigne perfection de certaines organisations incorporées, celles-ci sont fragiles, irremplaçables et imperfectibles. Les machines inhumaines sont au contraire robustes, remplaçables et perfectibles. Débutant moins parfaites que l'homme, elles se perfectionnent au point de le dépasser.

Sachant que l'humain et l'inhumain agissent l'un sur l'autre, nous pouvons poser le principe suivant : lorsqu'il dispose de deux organisations parallèles (main et pince, dents naturelles et artificielles, cœur naturel et artificiel, cerveau et machine à calculer) il arrive que l'homme préfère utiliser l'organisation non incorporée, en court-circuitant une partie du corps : on agit directement sur la pince en court-circuitant les ongles.

Étant donné la supériorité des organisations non incorporées, on a le droit, toutes les fois que l'on possède une telle organisation, d'éliminer l'organisation incorporée correspondante. Cela ne présume pas encore de l'humanité ou de l'inhumanité de l'organisation incorporée éliminée. Même relayé par un cœur artificiel, il se pourrait que le cœur humain soit fait de quelque chose d'humain et d'inimitable matériellement. Nous aurions du moins le droit de dire que c'est là de l'humain gaspillé et inutile, puisque l'inhumain aurait mieux fait l'affaire. C'est l'analyse précise de l'humain et

non la création de simulateurs inhumains qui pourrait donner quelque certitude. Mais cette analyse n'est pas encore faite. A moins que le développement de ces reflexions ne nous autorise plus loin à tirer argument de cette possibilité de relais.

Original. Double.

Ces termes ne fourniront leur véritable carrière qu'au Chapitre II, consacré à une terminologie de l'information. Ils pourraient s'ajouter alors aux termes purement cybernétiques dont M. Couffignal a donné le tableau.

8. L'homme fabrique continuellement des doubles. D'après les objets qui l'entourent il construit un deuxième exemplaire, une imitation, *un double.*

L'objet imité sera un *original.* Si j'exécute un croquis ou une photographie d'une montagne, la montagne sera l'*original* et la photo le *double,* quelque chose comme une petite montagne.

9. Les doubles sont incorporés ou non incorporés, un jeu continuel s'établissant entre les uns et les autres. Je photographie le volcan, puis je regarde la photographie et me construis un petit volcan incorporé dans ma mémoire. Ensuite, j'exécute de mémoire un croquis au fusain et je crée ainsi un nouveau double non incorporé que je conserverai dans un album.

10. On peut donner immédiatement une définition subjective du double : est double, tout objet dont on se sert en tant que double et avec la pensée qu'un objet semblable lui correspond dans le monde original.

Mais l'on peut dès à présent suggérer une définition plus précise : en définissant le but, nous verrons que l'un des moyens dont on se sert pour atteindre les buts est justement le *double.*

Le double est donc un objet, incorporé ou non, imitant *de façon exploitable* un coin d'univers, et que l'homme se fabrique en vue d'atteindre un but.

Dans cette définition, les termes « de façon exploitable » signifient ceci : il est très difficile de manipuler la montagne elle-même. Mais il suffit souvent de disposer d'une petite copie légère et maniable pour que le but puisse être atteint. Le double de la montagne sera exploitable lorsqu'il engrènera avec tous les moyens mis en route, et qu'il permettra d'atteindre le but.

Indétermination des doubles. Approximation. Erreur.

11. Il n'existe pas de doubles réellement fidèles. Pour des raisons de maniabilité et surtout d'économie de matière, les doubles

sont souvent plus petits et toujours plus pauvres de détails que leurs originaux. Si l'on voulait établir des copies « électron par électron », seule la moitié du monde pourrait être copiée, l'autre moitié s'étant transformée en doubles.

L'infidélité porte sur des points très divers : on peut faire un double de la montagne en utilisant de la terre glaise, du bronze, du marbre. Mais on peut aussi construire une photographie, une description parlée, un ensemble d'équations jouant le rôle de doubles exploitables. (Nous distinguerons par la suite, selon leur mode d'infidélité, quatre familles : les échantillons, les modèles, les simulateurs et les lois physiques).

12. Nous appelerons *approximation* une infidélité n'influençant pas l'obtention du but poursuivi. L'infidélité qui nuit à l'obtention du but sera une *erreur*. Je peux donner une idée suffisante des arbres d'un jardin en établissant un croquis au crayon (approximation). Mais si je dessine un nombre d'arbres très inférieur au réel, l'acquéreur ne voudra plus acheter (erreur), et le but ne sera pas atteint.

13. Les doubles sont un monde minuscule et léger, que l'homme entretient à grand peine en marge du monde original. La formation des doubles est contraire au cours naturel du monde matériel. Dès que l'on abandonne les doubles à eux-mêmes, les inscriptions s'effacent, les mémorisations s'oublient, les maquettes s'effondrent les films se granulent, les bandes magnétiques se désaimantent. Les doubles ne se maintenant que pendant la vie et l'effort de l'homme. C'est l'homme qui paie pour que la matière abandonne son cours normal et prenne la forme des doubles .(Nous verrons que l'homme peut en effet payer pour détraquer le cours de la matière).

14. Pourtant, de très nombreux doubles sont matériels et inhumains. Il est tout naturel qu'une montagne, faite de matière, soit copiée avec de la matière. Effectivement, tous les doubles et documents non incorporés sont matériels, et une grande partie des doubles incorporés admettent des éléments matériels.

L'image sur la rétine puis les influx nerveux qui emmènent l'image codée vers le cerveau sont de nature lumineuse ou électrique, donc inhumaine.

Pourtant, l'homme doit payer pour obtenir ces doubles matériels. Mais nous verrons que ce qu'il paie est la rançon du détraquement de la matière. L'homme ne crée rien. Il paie pour que la matière puisse se dédoubler au lieu de suivre sa course. On peut comparer ceci à un homme qui chauffe un document pour faire apparaître une inscription exécutée à l'encre sympathique. Le texte de l'inscription ne dépend nullement de l'homme.

Peut-être existe-t-il des doubles humains, « faits avec de l'homme », par exemple dans le cerveau. Mais l'on ne voit pas pourquoi il en serait ainsi. Il paraîtrait naturel de *copier la matière avec de la matière* et non « avec de l'homme ». Les doubles ou une très grande partie des doubles sont de la matière dont la figure est rigidement dessinée à l'avance par celle du monde original.

15. Du moins pouvons-nous dire que l'original est la limite idéale vers laquelle se dirigent les doubles, dans les limites de l'approximation. Nous verrons que la forme et la quantité de l'approximation sont elles-mêmes liées par certains facteurs. Mais en-dessous de l'approximation, et dès que l'on risque de tomber dans l'erreur, les doubles se dirigent automatiquement vers la figure de l'original, sans que l'homme y ait une liberté quelconque.

Voici comment ces choses peuvent être envisagées tout d'abord.

Nous avons dit que, attiré par un but, l'homme peut détraquer la matière, en la bombardant d'efforts (voir plus loin la définition des efforts).

Imaginons donc que, du flanc même de la montagne qu'il veut copier, l'homme ait extrait un peu de terre glaise qu'il retranchera au monde original et qui désormais sera la matière première des doubles. Cette terre glaise, il la détraquera et en fera une collection de billes colorées, avec lesquelles, en les disposant de diverses façons, il pourra copier toute figure matérielle se présentant à ses yeux.

Indétermination du double. Il est évident que ces billes, désormais détraquées par l'homme ne suivront plus aucune course matérielle, et seront aux ordres de l'homme. Il ne faudra donc pas s'attendre que d'elles-mêmes, elles forment une image du monde original. Il n'y a aucun lien matériel unissant l'original à son double et les faisant varier ensemble (comme par exemple l'accélération est liée à la masse). Si je dessine quatre arbres au lieu de cinq, la foudre matérielle ne tombera pas sur mon dessin, une tension intérieure de mon crayon ne m'obligera pas à dessiner l'arbre manquant. Matériellement l'original et le double ne sont pas liés et c'est ce que provisoirement, nous appelerons l'*indétermination du double.*

16. Mais les doubles sont liés à l'original par l'intermédiaire de l'homme de la façon suivante : attiré par le but, l'homme délivre un certain nombre d'efforts dont certains s'exerceront sur les billes colorées et leur feront prendre une figure copiant celle de l'original. L'homme s'efforcera donc, pour obtenir le but, de se créer le double nécessaire. Nous essaierons de comprendre plus tard comment la fidélité obtenue est proportionnelle à l'effort humain dépensé.

Mais il n'y a dans tout cela aucune liberté concernant la figure du double. Plus l'homme pourra fournir d'efforts plus son double sera fidèle. Généralement, l'effort sera payé jusqu'à ce que le double soit dépourvu d'*erreur*. Pratiquement, il est rare que ce stade puisse être atteint.

Donc, malgré l'indétermination des doubles, la copie est liée à l'original à travers l'homme qui s'efforcera de détraquer la matière des copies pour la faire ressembler à l'original, et cela, jusqu'à ce que la fidélité soit telle que le but puisse être atteint.

Les détails que nous donnerons par la suite modifieront beaucoup ces façons de voir, encore très proches de la pensée courante.

Le double-copie et *le double-imagination.*

17. Le double tel que nous venons de le définir, c'est-à-dire le double dont la fidélité et l'absence d'erreur sont nécessaires pour l'obtention d'un but sera un *double-copie* ou *une copie.*

Mais grâce à l'indétermination des doubles, l'homme peut disposer ses billes colorées de n'importe quelle façon et les détraquer différemment. Ainsi, en prenant un croquis coté d'un jardin, je peux dessiner une licorne se promenant dans une allée. C'est là un double créé sans original (du moins en apparence) et au sujet duquel ne peuvent se poser les questions de fidélité et d'erreur. Nous appellerons donc — en attendant une définition meilleure — une *imagination* toute figure formée dans le monde et selon les procédés des doubles, mais qui n'est pas nécessaire à la *réalisation* d'un but, et qui n'aurait pas de correspondant dans le monde original, si ce monde était abandonné à sa course matérielle. Nous tendrons à montrer ici que de nombreux doubles, pris pour des imaginations, ne sont en réalité que des copies.

Situations initiale, finale, intermédiaire. Trajectoire.

18. Appelons *situation* un segment d'univers considéré à un certain instant ; un obus, un obus et le canon, l'obus, le canon et sa plateforme de tir, forment trois situations différentes, dont la taille dépend de la volonté de l'observateur.

C'est la même décision de l'observateur qui fixe une situation *initiale*, une *finale* et des situations *intermédiaires*, les deux premières se confondant généralement avec le début et la fin de l'observation. La *trajectoire* sera la collection de toutes ces situations consécutives. Le mouvement macroscopique n'est évidemment pas nécessaire, et l'on pourra parler de la trajectoire d'un mur, resté immobile entre les situations initiale et finale.

19. Les limites d'une situation sont souvent flottantes dans notre esprit. Ma situation initiale comprendra (peut-être seulement comme coordonnées) tout ce qui entoure l'obus : la gargousse, le tube, la culasse, l'affût, la plateforme, la terre, les servants, les arbres. Tout cela disparaîtra de mon esprit à l'instant final où je verrai l'obus, la cible, les arbres entourant le point de chute, etc. Or, tout cela existait à chaque instant. Mais seul l'obus m'intéresse, et les autres éléments — qu'ils se déplacent ou non — sortent et entrent dans le champ de la situation. Nous verrons les difficultés et les malentendus causés par ce cloisonnement vulgaire de la situation, qui se retrouvera encore plus gênant lors de la définition des machines, des matières premières, des matières dernières, etc.

Copies des trajectoires. Copies par prévision. Procédés accélérateurs.

20. Si je photographie la trajectoire d'un obus traceur, j'aurai un double de la catégorie *copie*, fabriqué d'après un original préexistant.

Mais je pourrais, aussi, pendant que l'obus chemine paisiblement sur sa trajectoire, calculer et prévoir cette trajectoire en une fraction de seconde. A première vue, il s'agirait là d'une *imagination*, puisque ce point de chute prévu n'existe pas encore. Je ne puis donc le copier.

Pourtant, nous sentons très bien que la détermination de ce point de chute est sujette à *erreur*, alors que l'on ne peut parler de l'erreur d'une imagination. Il existerait donc un original préexistant qui nous lie et par rapport auquel il y a une erreur. Effectivement, étant donné la façon dont nous voyons et utilisons journellement le déterminisme macrophysique, l'obus à son départ portait déjà la figure de son point de chute (c'est en réalité la grande situation qui portait cette image : obus, courbure de la terre, température, vents, etc.). Il suffit de copier l'image exacte du monde, à l'instant initial, pour y voir inscrite, en toutes lettres, la situation finale comme dans un miroir de sorcière. Il s'agit donc d'une *copie* et non d'une imagination, cette copie utilisant des procédés particuliers de sondage des situations présentes (*procédés accélérateurs*). Nous appelerons cela une *copie par prévision*.

21. Quand nous essaierons de faire la théorie de la « connaissance par copie », nous rencontrerons une question que le R. P. Russo qualifie de « question du calcul ». Lorsque le monde original nous donne les éléments nécessaires pour l'obtention d'une copie par prévision, ces éléments doivent être encore travaillés par l'homme. On doit « déplier » la situation actuelle pour lire, dans ses plis la situation future. Ce faisant, l'homme apporte-t-il quelque

chose ? Sans doute oui, puisque sans lui l'équation n'aurait pas révélé ses racines. L'homme a payé pour cette prévision.

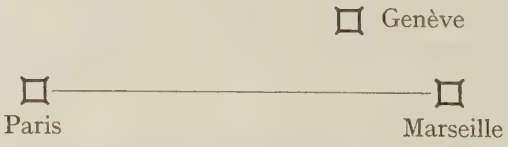
Mais l'on ne peut que répéter ce qui a été dit au sujet de la copie a posteriori : l'homme paie pour que la matière veuille bien se détraquer, pour que les doubles, au lieu de suivre leur propre cours matériel, veuillent bien imiter d'autres fragments de matière. Mais, pas plus en chauffant une écriture à l'encre sympathique qu'en résolvant une équation, l'homme ne crée la figure de l'écriture ou des racines. Le travail humain s'ajoute au monde matériel, non pour y créer quelque chose d'humain mais seulement pour faire — lorsque l'homme se sera retiré — qu'un double matériel aussi parfait que possible figure maintenant en marge du monde original .

Le but.

22. Me promenant dans un jardin, je peux imaginer qu'au détour d'une allée, je rencontrerai une jeune femme du quinzième siècle en compagnie d'une licorne. C'est là une imagination et non une copie, car je n'ai jamais rencontré pareille image et je ne peux prévoir que je la rencontrerai jamais.

Cette imagination deviendra un *but* si je suis animé, vis-à-vis d'elle, d'« un désir de réalisation ». C'est là une définition subjective. (Lorsque nous essaierons de donner une hypothèse sur la structure humaine nous dirons que le but est une imagination capable de mettre la structure humaine dans tel état de déséquilibre, provoquant l'émission des efforts).

Donc si l'imagination s'accompagne d'un élément sui generis, « le désir de réalisation », elle deviendra mon but et déclenchera mon activité, qu'un original de cette licorne existe ou non (ce que, comme nous le verrons, « nous ne savons pas » au moment de l'apparition du but).



23. Lâché de Paris, et tous les aiguillages ouverts vers Marseille, le train suivra une trajectoire déterminée matériellement. On peut, dès son départ de Paris, prendre une copie par prévision de l'arrivée à Marseille.

Mais j'ai la faculté d'imaginer le train arrivant à Genève. Si, vis-à-vis de cette image du train à Genève, naît en moi un désir de

réalisation, alors l'arrivée du train à Genève deviendra mon *but*. Cette situation finale imaginée a deux propriétés :

1) Un lien, une affinité se crée entre l'homme et cette imagination, affinité que nous appelons pour l'instant « le désir de réalisation ».

2) Ce lien est un pont jeté au-dessus du vide. C'est un arc-en-ciel me liant directement au but. Il n'existe rien avant ou après cette image. Je ne sais pas comment le train pourrait arriver à Genève, puisque toutes les lois du monde le tirent vers Marseille. Il n'y a pas dans mon esprit copie de l'itinéraire qui pourrait mener le train jusqu'à Genève. Il n'y a donc rien avant l'image du but, et il n'y a rien après elle (je ne désire pas que le train dépasse Genève). C'est Genève que je désire et l'affinité se forme directement entre moi-même et l'image de ce lieu éloigné.

24. Jusqu'à nouvel ordre, cette tension vers un but nous semblera spécifiquement humaine. On ne peut concevoir une machine matérielle capable de buts.

25. Cela fait apparaître deux sortes de « libertés » parmi toutes celles que l'on attribue à l'homme.

1) La première, particulièrement résistante à l'analyse, est la liberté du but *par rapport aux lois matérielles*. Un pacte s'est scellé entre l'homme et cette figure lointaine et improbable. Peu importe que l'univers matériel mène le train vers Marseille. Dans cet univers est apparu un homme libre de désirer le train, non à Marseille, comme le voudrait la matière, mais à Genève.

2) La deuxième liberté serait celle du choix arbitraire du but, la liberté de l'homme *envers ses propres lois*. Libre de me rebeller contre la matière, puis-je choisir alors n'importe quelle autre direction ? Si oui, tout dépend de mon caprice de l'instant. Sinon, quelque part inscrite dans les nuages (ou en moi-même), existerait une voix qui me dicterait : tu dois désirer Genève.

Alors l'adhésion aux buts elle-même ne serait pas une invention mais une copie. Une norme des bonnes images serait préexistante et l'homme ne pourrait qu'en prendre copie, par des voies d'ailleurs encore plus difficiles que celles de la *copie par prévision matérielle*, et qui seraient celles de la *copie par prévision morale*.

Toutes les écoles de droit naturel sont asymptotiques à cette façon de voir.

26. Retenons donc que l'originalité du but vient de ce que :

1) il est « choisi » par une affinité se créant entre l'homme et le but.

2) Il est choisi directement et à distance, avant qu'apparaisse la copie de la route qui permettrait d'aller jusqu'à ce but. Le but est une image « en l'air », liée à l'homme par l'arc-en-ciel du désir.

27. Soulignons deux choses évidentes, d'allure très surprenante, et que nous reconnaîtrons fausses par la suite :

Le but *est toujours l'image d'une situation matérielle.* L'homme désire donc non pas une certaine situation de l'homme, mais un certain arrangement matériel. Lorsque Antigone tient tête à Créon (et invente le Droit naturel en disant qu'au-dessus des rois, il existe, une loi naturelle qui oblige à donner une sépulture aux morts), pourquoi lutte-t-elle ? Pour qu'*une certaine quantité de terre* soit remuée et recouvre les cadavres de ses frères.

C'est bien évidemment l'humain qui reste mis en cause. Antigone pense non à la terre inhumaine, mais aux âmes de ses frères, privées de sépulture. Mais il se trouve que nous ne pouvons rien pour les âmes, du moins par action directe. Grâce à l'interaction existant entre l'humain et l'inhumain, c'est par le biais matériel que nous pourrons intervenir. Pour que le repos des âmes soit obtenu, une certaine quantité de terre devra être remuée. Dans un immense nombre de cas envisagés par le Droit, il s'agira toujours de remuer quelque terre autour de l'homme (°).

(Cette remarque m'est apparue il y a fort longtemps. La relation qu'elle exprime m'émerveille encore comme au premier jour, car elle me paraît contenir l'un des éléments les plus féconds que peut fournir notre observation, et comme représentant le bout qui permet de dérouler l'écheveau des disciplines morales).

28. Seule l'adhésion au but est spécifiquement humaine. Seul est humain l'arc-en-ciel sortant de la poitrine de l'homme et se soudant directement au but.

La *figure* du but à laquelle se soude ce désir est déjà un simple double dont — comme cela arrive pour tous les doubles incorporés — nous ne pouvons savoir s'il est humain ou non.

Tout comme les copies, les imaginations pourraient très bien être inhumaines (elles pourraient être des organisations permettant non d'atteindre un but mais de le désirer). On peut inventer des machines à proposer des imaginations (ainsi le kaleidoscope). Seule l'adhésion au but, seule l'affinité entre l'homme et la figure matérielle désirée est irrémédiablement humaine, du moins dans l'état actuel de nos convictions.

Une femme qui voit un chapeau dans une vitrine et s'écrie : « c'est *celui-là* que je veux » n'a pas imaginé ce chapeau, ne l'a pas tiré d'elle-même. L'imagination s'est bornée à mettre l'image de ce

chapeau sur l'image de ses cheveux. Ensuite l'image résultante a été élevée par le désir à la dignité de but.

L'effort.

29. Pour détourner le train de Marseille vers Genève, il suffirait de quelques chiquenaudes convenablement données aux aiguillages de Macon, Bourg, Ambérieu, Culoz, Bellegarde. C'est peu de chose. Mais qui donnera ces chiquenaudes ? Il faudrait quelque intervention extra-matérielle.

Nous pouvons imaginer le monde comme un jardin où un certain nombre de cailloux ont été disposés et y resteront pour l'éternité (le fait que les cailloux décrivent une certaine course ne change rien, puisque tous les mouvements ont été eux-mêmes créés lors de la création du jardin et que rien jamais ne viendra les changer).

On doit alors imaginer l'homme comme un recréateur du monde matériel. On doit le voir comme un être capable de créer du néant (ou de sortir de lui-même, mais sans s'appauvrir pour autant et sans disparaître lui-même) un petit effet matériel supplémentaire, un caillou qu'il jette dans le jardin de la matière et qui modifie la figure de ce jardin.

Nous appellerons cet appoint, cet effet matériel nouveau, sorti du néant par l'homme à l'appel du but, et jeté dans le monde matériel : un *effort*.

30. Nous ne demanderons pas encore si cet effort pourrait être un fragment de matière nouvellement créé, ou un fragment d'humain qui, en vertu de l'interaction humain-inhumain, pourra produire un effet matériel. (Il suffirait que ce bombardement humain soit tout juste suffisant à ébranler la matière par un effet de déclic. Cela suffirait à recréer entièrement le jardin matériel).

31. Nous sommes en train d'écrire là une page d'ontologie vulgaire et c'est bien notre intention. C'est ainsi que nous croyons couramment au mouvement, c'est ainsi que le mouvement est décrit, à mots couverts, dans « Le cimetière marin ».

S'il n'y avait pas d'effort créé du néant, postérieurement à la création du monde matériel, il n'y aurait ni buts, ni désir de réalisation, ni homme, mais seulement une marche uniforme de l'univers matériel.

Qui mieux est, c'est cette ontologie morale courante qui me semble donner les meilleurs éléments pour une hypothèse du mouvement humain.

32. Tout comme le désir, l'effort peut être vu comme une liberté *vis-à-vis* de la matière dont il bouleverse la marche normale.

Mais l'effort n'a aucune autre liberté : le désir déclenche automatiquement les efforts.

33. Au moment où le pacte est scellé entre un homme et une imagination, au moment où le but est choisi, il n'existe encore aucun double ni aucun original du chemin menant depuis la situation présente jusqu'au bout. Nous ne savons pas comment le train ira de Paris à Genève.

L'itinéraire. L'effet testamentaire.

34. Par un mécanisme que pour l'instant, nous n'essaierons pas de comprendre, les efforts déclenchés par le désir du but agiront de deux façons :

1) D'abord, les efforts agiront dans le monde des doubles pour créer une *copie* du chemin menant de Paris à Genève.

2) En possession de cette copie de l'itinéraire, les efforts se dirigeront vers le monde original et frapperont aux aiguillages, conformément aux indications de la copie.

Jusqu'à la fin du présent article, nous ne nous occuperons plus que du temps 1). Le temps 2) (l'exécution) sera envisagé plus tard.

35. Nous appelerons *itinéraire* la collection de toutes les situations allant depuis la situation initiale jusqu'à l'obtention du but, y compris les apports fournis — lors de certaines situations — par les efforts. Ce sera donc dans notre exemple, la trajectoire du train, plus les efforts fournis par l'homme aux aiguillages.

36. Tout itinéraire se compose de trajectoires matérielles déviées, de temps en temps, par des chiquenaudes humaines. Nous dirons qu'une trajectoire suivie par la matière, entre deux interventions humaines, se poursuit par *effet testamentaire*. Ainsi, mis en direction à l'aiguillage de Mâcon, le train roulera ensuite par effet testamentaire et sans aucune autre intervention humaine jusqu'à Dijon.

J'ai adopté le terme d'effet testamentaire, parce que si l'homme qui a ouvert l'aiguille de Macon venait à mourir, le train arrivera quand même à Dijon. Et si toutes les aiguilles étaient commandées depuis Paris, l'homme qui a ouvert, de sa cabine, tous les aiguillages vers Genève peut s'endormir ou mourir. Le train arrivera quand même à Genève *par effet testamentaire*. Ce phénomène a d'innombrables applications, notamment juridiques.

37. Dans la plupart des itinéraires, l'effort est infime par rapport à la course matérielle testamentaire. *L'automatisation consiste à réduire toujours davantage la part de cet effort.* On aurait pu d'abord porter le train à bras d'homme jusqu'à Genève. Puis l'on a songé à utiliser seulement les efforts nécessaires à la commande de la vapeur et à l'ouverture des aiguillages. Puis ces commandes ont été faites simplement en appuyant sur des boutons.

Ceci dans le meilleur des cas, c'est-à-dire dans le cas où l'homme serait humain jusqu'au bout des ongles, et où le doigt qui appuie faiblement sur un bouton peut être considéré comme un agent humain. Mais nous savons qu'il n'en est rien. C'est le squelette qui tire mécaniquement le doigt, c'est le muscle qui tire le squelette, le nerf qui tire le muscle, le cerveau qui tire le nerf, et tout cela est mécanique et électrique. Le véritable effort humain, s'il existait, devrait être quelque chose d'infime mobilisant toute cette chaîne testamentaire à son début. (Ce fait me paraît essentiel pour l'établissement d'un schéma de l'homme, et nous mettrait en mesure dès à présent d'établir ce schéma, de même qu'un détail au premier chapitre d'un roman policier désigne déjà parfaitement l'assassin).

L'arbre des itinéraires. Le bon. L'efficace. L'itinéraire idéal.

38. Dans une trajectoire purement matérielle, chaque situation engendre rigidement la suivante. On dirait que la matière désire à chaque instant la situation de l'instant suivant. Il n'y a donc qu'une seule trajectoire possible. L'homme, au contraire, n'a d'affinité qu'avec une seule situation matérielle très éloignée. Il n'a pas d'affinité avec l'itinéraire, qui est un « moyen » désiré seulement dans la mesure où il permet d'atteindre le but. L'itinéraire est « n'importe quoi pourvu que », ou alors il est lui-même un but. Or, il se pourrait que plusieurs itinéraires mènent au but (on pourrait aller à Genève par Bellegarde ou par Pontarlier). Comment déciderons-nous puisque nous n'avons aucune affinité pour l'un quelconque des itinéraires ? C'est leur efficacité qui décidera.

39. Convenons d'appeler *bon* un but qui attire mon adhésion (que cette bonté soit une qualité objective du but ou qu'elle lui soit subjectivement attribuée par moi). On appelera alors *efficace* un itinéraire qui permet d'atteindre le but. L'itinéraire présentant le maximum d'efficacité sera l'*itinéraire idéal.*

Donc, les buts sont *bons*, les itinéraires sont *efficaces.*

40. *Il n'existe aucune liberté pour la construction de l'itinéraire.*

Nous pouvons nous rebeller contre la course de la matière et choisir un but différent de la figure vers laquelle, coule cette matière.

Mais lorsque le but est choisi, il existe une voie plus roulante que toutes autres menant vers ce but, et cette voie est donnée par la figure matérielle et par la grandeur et la fréquence des efforts que nous pouvons lui ajouter.

Je peux décider d'aller à Genève ou à Dinant ou à Gif. Mais lorsque cette décision est prise, la matière me propose une voie plus courte que toutes les autres d'y arriver, et contre cela je ne puis rien.

Voici pourquoi nous avions dit qu'après avoir choisi un but, nous étions obligés de prendre *une copie* de l'itinéraire. Il s'agit en effet bien d'une copie et non d'une imagination. La voie la meilleure entre deux points matériels, fussent-ils librement choisis par l'homme, est rigidement donnée par la matière. Elle est inscrite dans les plis du monde. Nous devons payer pour déplier la matière et lire l'itinéraire. Mais il s'agit bien évidemment d'une copie.

Fait remarquable : cette opération de copie et de dépliement est encore beaucoup plus difficile que lors de la confection d'une copie par prévision.

41. Voici pourquoi.

La matière « désirant » sa course d'instant en instant, les trajectoires matérielles sont uniques ou linéaires. L'itinéraire, au contraire, n'étant pas désiré par l'homme, ou n'étant désiré qu'en vue du but, peut avoir plusieurs figures. Il est « n'importe quoi pourvu que ». L'itinéraire aura donc la figure non d'une ligne mais d'un double arbre, appelé ici : *arbre des possibilités.*

L'opération, à laquelle on se livrera pour construire la copie de l'itinéraire, commencera donc par la confection de l'arbre des possibilités : il faudra, à partir de l'instant initial, connaître toute la figure du monde matériel, puis former l'arbre des trajectoires selon que l'homme sera d'instant en instant intervenu ici ou là.

Ce qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est que l'itinéraire n'est pas *choisi* à l'intérieur de cet arbre. Il est imposé par le but. On prendra tel itinéraire et fournira tels efforts qui mèneront au but. Si plusieurs routes sont possibles, on prendra la plus efficace.

Nous ne possédons pas encore la définition de l'étalon d'efficacité et ignorons donc ce qu'est l'itinéraire idéal c'est-à-dire l'itinéraire *le plus efficace.* Nous verrons qu'il est déterminé par un calcul qui n'admet aucun choix. Donnons cependant dès à présent les indications suivantes.

42. a) On sent d'instinct que l'itinéraire idéal sera le plus rapide et le plus économique. Mais il existe au moins six sortes d'efficacités : Je veux transporter une marchandise. Je choisirai alors

la route la plus rapide, puis celle qui comporte les moindres montées (économie d'energie), celle qui demande le moindre effort d'attention, celle qui est la plus roulante (économie d'usure des machines). Si je poursuis deux buts en même temps (transporter et m'amuser) je choisirai, toutes choses égales, la route la plus amusante. Enfin, entre une route nationale et un chemin à travers champs qui m'amènera à détruire les cultures du voisin, je choisirai la première.

Laquelle de ces efficacitês prime les autres ? Prendra-t-on la route la plus rapide, la plus économique, celle contrariant le moins mes propres occupations ou celles du voisin, etc ? Nous n'avons pas encore donné ici tous les éléments nécessaires pour montrer que *aussi longtemps qu'il s'agit de moyens,* un barême des efficacités peut s'établir mathématiquement. Nous le comprendrons mieux lorsque nous aurons décrit le phénomène de « chute de finalité » et lorsque nous aurons proposé un schéma de l'humain.

43. b) Si toutes les efficacités pouvaient être réduites au même dénominateur, si elles acceptaient toutes une unité commune de mesure (par exemple le point ou le franc), existerait-t-il une route idéalement meilleure, « moins chère » que toutes les autres, et se voyant attribuer un minimum de points. Oui, s'il s'agit d'un nombre fini de routes.

Mais peut-on dire que l'arbre des possibilités soit fini. Il s'étend à toute la matière. Qui sait, si pour transporter mes marchandises, je ne devrais faire un détour par la planète Saturne, pour y chercher quelque métal rare. A un certain stade de la technique, ce détour pourrait être rentable. L'arbre tout entier pourrait présenter une infinité ou une transfinité de possibilités. A l'intérieur d'un si grand problème, il apparaît peut-être des plages d'indétermination ou d'équivalence, rendant flou l'itinéraire idéal.

44. Il y a d'autre part le problème qui avait tant inquiété Buridan : que faire devant deux itinéraires également efficaces ?

45. On peut répondre, que — tel qu'il se présente dans un problème de but — l'itinéraire ne sera jamais indéterminé. Ce qui importe, c'est d'arriver aussi rapidement que possible, au but. Un coup de dés me permettra de choisir entre deux itinéraires également efficaces. Ce coup de dés fera obligatoirement partie de mon itinéraire, car il me permet de gagner du temps et de ne pas hésiter entre deux choses *rigoureusement semblables.* Mon action commencera donc par un coup de dés (ou par tout autre procédé de détermination, s'il en existe de plus efficace que les dés).

46. En ce qui concerne l'infinité des routes proposées par l'arbre, on peut ajouter que *de nos jours,* cette infinité ne joue pas. L'homme

est déjà bien satisfait lorsqu'il a trouvé un itinéraire le menant jusqu'au but. Peut-être apercevra-t-il et devra-t-il choisir entre deux ou trois routes. Mais il arrivera toujours un moment où la confection des copies s'arrêtera, et où par le « fiat » de la volonté l'homme passera à la phase d'exécution. Ce fiat appartient déjà à la phase d'exécution et nous ne nous demanderons pas, pour l'instant si cet acte est spécifiquement humain ou s'il pourrait être confié à une machine qui déclencherait les efforts dès que certaines conditions de vitesse ou d'économie seront permises par l'itinéraire déjà obtenu.

De quelques définitions ne pouvant encore être données : acte humain, matières dernières, machines.

47. a) Nous ne pouvons encore parler de l'*acte humain* dans son entier n'ayant pas encore énuméré tous ses éléments.

Mais certains de ces éléments peuvent manquer. Un seul est indispensable et suffit à lui seul à constituer l'acte : c'est l'adhésion à un but. Certains actes consistent à s'abstenir, à laisser faire la matière. Mais il y a acte humain du moment qu'il y a but et adhésion Supposons que le but désiré soit Marseille. Il n'y aura alors aucun effort à fournir, le train allant de lui-même à Marseille. Je m'abstiendrai donc de tout effort (ceci deviendra par la suite la « commission par omission » juridique).

Il y a d'ailleurs deux façons de s'abstenir de tout effort : l'une active (je me garde bien de toucher à quelque bouton d'aiguillage pour ne pas déranger la course du train), l'autre passive (j'abandonne le train à sa course testamentaire et je commence une réussite, ou je m'endors, ou je meurs).

Nous ne pouvons étudier tout ceci avant d'avoir défini la chute de finalité.

48. b) Entre le commencement et la fin de l'acte, une certaine quantité de matière et d'énergie sont mis en jeu (voir ce qui a été dit au N° 19 sur la dimension des situations).

Nous appellerons plus tard, *matières premières*, la matière mise en ligne au début de l'acte. Une partie de cette matière se retrouvera, autrement disposée lorsque le but sera atteint. Appelons-la : *matière dernière*. Ainsi le bois brut sera la matière première ; la chaise achevée, confectionnée avec ce bois sera la matière dernière.

A côté de ceci l'acte intéressera une certaine quantité de *matière auxiliaire* qui restera à côté de la matière dernière sur la ligne d'arrivée. Ainsi, pour me fabriquer ma chaise, j'ai dû confectionner, chemin faisant, une scie, un marteau, un rabot, des cales. En fin

de l'acte une partie de cette matière auxiliaire sera abandonnée sous forme de *déchet* (les copeaux, les cales). Mais d'autres matières auxiliaires, aménagées par l'homme au cours de l'acte, pourront resservir, moyennant de très légères modifications, ou même en l'état. Nous les trouverons alignées sur la ligne de départ d'un nouvel acte à côté des matières premières. Ces matières auxiliaires qui se maintiennent et traversent ainsi plusieurs actes sont les *machines* (ainsi, la scie à ruban, le marteau, le croquis coté, les murs de l'atelier qui a abrité la construction de la chaise sont des *machines*, au sens donné ici à ce mot).

Le passage des machines d'un acte à l'autre, et le peu d'attention que nous prêtons à ce passage donne lieu, tant dans la théorie cybernétique que dans la juridique, à de très graves difficultés. Nous ne pourrons essayer d'approfondir la définition des machines avant d'avoir défini la chute de finalité.

Deuxième partie : Le clair et l'obscur.

> Les belles filles que vous aurez vues dans les rues de Nîmes ne vous auront pas moins enchanté la vue, je m'assure, que les belles colonnes de la Maison Carrée, vu que les unes ne sont que de vieilles copies des autres.
>
> Poussin, *Lettre au cavalier Bernin*.

Tableau des sciences, établi selon la pensée courante.

49. Un partage simple entre les matières du Droit et celles de la cybernétique paraît se proposer à l'esprit : le Droit, discipline morale, poserait les buts ; la Cybernétique, discipline positive, calculerait les moyens (les itinéraires menant vers les buts).

Le préfet (juriste) fixe le but : il serait bon de construire ici un pont. Le cybernéticien fait les calculs et exécute les mouvements nécessaires pour qu'apparaisse le pont. Le législateur (juriste) dit : il est bon que les hommes soient bien portants. Le Cybernéticien assure la guérison des hommes.

Ce partage, qui plaît tout d'abord à l'esprit, n'est pas tout-à-fait exact. D'ailleurs il ne fait pas ressortir les caractères de la Cybernétique, mais bien plutôt ceux des sciences appliquées. On n'a pas attendu les cybernéticiens pour bâtir des ponts et guérir les malades.

C'est là l'affaire des sciences appliquées en général.

Partons cependant avec cette idée vulgaire : *le droit donne les buts, les sciences appliquées donnent les moyens.*

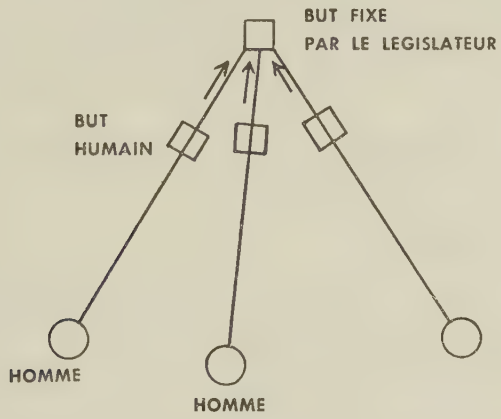
Si l'on avait quelque scrupule à accepter même vulgairement un tel point de départ, on pourrait esquisser les quelques indications suivantes.

En ce qui concerne le droit :

50. 1) Nous n'avons pas encore à prendre position sur ce qui paraissait au dix-huitième et au dix-neuvième siècle un « cap des tempêtes » des discussions morales : le Droit est-il, ou est-il entièrement une morale ? Tout le monde admet une certaine coïncidence entre la morale et le Droit. Certaines règles appartiennent visiblement aux deux. Négligeons pour l'instant les autres. La ques-

tion reviendra d'elle-même lorsque nous serons mieux en mesure d'en discuter.

51.2) Nous devons admettre sans nous en expliquer autrement, la délégation du but entre les mains du législateur. On voit sur la figure, que, au sujet de certains buts, les individus transfèrent au législateur le soin de désigner le but désirable, et donc de leur dire ce qu'ils doivent désirer, ce avec quoi ils doivent établir leur affinité.



Dans les conceptions jusnaturalistes, la chose est facile à comprendre. Les hommes ne seraient pas libres de désirer n'importe quel but. Il existerait un but, objectivement bon, qui devrait attirer la sympathie des hommes (voir N° 25 ci-dessus).

Mais le droit naturel n'est pas adopté par tous ni de la même façon par tous ses tenants.

Nous accepterons pour l'instant cette délégation sans essayer de la comprendre.

En ce qui concerne les sciences appliquées: L'éventail vulgaire des des sciences se formerait donc ainsi.

Les buts:

52. a) Certains buts seraient laissés libres à la *décision de l'individu,* du père de famille, du chef d'industrie (qui peut d'ailleurs s'entourer de conseils, de recommandations morales, religieuses, etc), mais qui décidera en dernier ressort.

D'autres buts seraient délégués entre les mains du Droit. Celui-ci se divise en deux branches : l'une à l'allure peu scientifique : la *politique,* l'autre, plus semblable à une science : le *droit* proprement dit.

Les moyens :

53. b) Les moyens sont du ressort des *sciences appliquées* : médecine, science de l'ingénieur, etc.

Les sciences appliquées sont aidées par les *sciences pures*, lesquelles sans viser directement aucun but, préparent les moyens d'identification des situations matérielles et de prévision de leurs trajectoires.

54. Récemment, certaines sciences appliquées paraissent se spécialiser dans le débrouillage des itinéraires dans certaines conditions difficiles où jouent beaucoup de facteurs inconnus que l'on essaie d'éliminer. Ainsi : la topologie combinatoire, la gestion scientifique des entreprises, la stratégie scientifique, le calcul opérationnel, l'automation.

Quant à la Cybernétique, elle n'est pas encore apparue dans cet éventail.

Clair. Obscur. Quasi-obscur.

55. Nous avions dit (N° 48) qu'au cours de l'acte apparaissait, à côté du but, une certaine quantité de matière auxiliaire, se maintenant d'acte en acte, et appelée *machine*.

Il est rare qu'une machine apparaisse par l'action directe de l'effort sur une matière première. Chaque machine est faite avec des matières premières, mais aussi à l'aide d'autres machines préexistantes.

Les *doubles* sont des machines ou des parties de machines, c'est-à-dire de la matière auxiliaire permettant de fabriquer le but. Or, les doubles sont faits eux-mêmes par d'autres machines.

Nous envisagerons ici les *doubles* et les *machines créatrices de doubles*.

56. Proposons d'appeler *obscurs* tout double qui est humain, et toute machine créatrice de doubles « faite avec de l'humain ».

Appelons *clairs* les doubles et les machines créatrices de doubles faits avec de la matière inhumaine.

Une image gravée dans la mémoire est-elle réellement obscure et humaine ? Nous l'ignorons, mais une présomption d'obscurité la couvre : nous dirons, en parlant des doubles incorporés qu'ils sont *quasi-obscurs* c'est-à-dire supposés obscurs jusqu'à ce que leur clarté ait pu être prouvée.

57. Il existe souvent, lors d'un même acte, deux cheminements parallèles, l'un clair, l'autre obscur. On peut détruire un objectif de deux façons :

1) à l'aide d'un poste central de tir qui établit ses calculs en *clair*,

2) en ayant recours à un vieux capitaine doué du « flair de l'artilleur » et qui, en deux minutes, aura coiffé l'objectif, sans savoir lui-même comment il s'y est pris. Ce capitaine a fait un calcul *quasi-obscur*.

Un artiste se propose d'obtenir une certaine émotion artistique. Imaginons qu'il existe quelque procédé clair, par exemple un calcul de nombre d'or capable de déterminer les points forts d'un tableau, donc d'aider à obtenir l'émotion artistique. Mais par une autre voie, Léonard sentira d'emblée ces points forts, par un calcul quasi-obscur.

58. Il est facile de voir qu'un processus est clair lorsque nous voyons le fonctionnement matériel de fabrication du double (ainsi la confection d'une bande impressionnée, dans un magnétophone). Dans le doute, il existe de nombreux critères plus ou moins bons, pouvant être employés concouramment.

59. Nous croirons volontiers à la clarté d'un double dont la désincorporation est facile. Si je puis facilement établir un croquis d'après le souvenir que j'ai conservé de la montagne, je pencherai à croire que dans mon cerveau habite une petite maquette matérielle de la montagne, gravée dans ma matière grise (ou du moins une image codée de la montagne, comme est codée l'image de télévision que le cable transmet vers le radiateur d'ondes).

De même croirons-nous clair un procédé qui est « intelligible » car cela nous donne l'idée d'un déroulement obligé et comme mécanique de la pensée, déroulement auquel nous a habitués la matière (par exemple dans les machines à calculer).

Par contre, sera quasi-obscur tout ce qui nous apparaît inexplicable, non enseignable, non jugeable, irrégulier, se produisant dans des temps non identiques. Car, en effet, le processus suivi par Léonard pour trouver la figure d'or ne paraît pas se dérouler mécaniquement et régulièrement. Cela est non transmissible, ni enseignable (il n'y a pas de diplôme de peintre), ni régulièrement sommable (on ne peut pas confier le processus à deux peintres, comme on peut confier les deux tronçons d'un tunnel à deux ingénieurs), non jugeable (qui dira, si les deux peintres ne sont pas d'accord, lequel a raison ?). Il n'existe pas de relation visible entre le temps utilisé et le résultat obtenu, et la répétition du phénomène n'est pas assurée : ce qui est trouvé en un instant d'inspiration ne pourra peut-être plus jamais être retrouvé, même au prix de longues heures de travail.

L'un des signes majeurs de l'obscur est *le vote*. Le recours aux voix est la marque distinctive du procédé quasi-obscur. Par contre, un ingénieur, travaillant en clair, serait horrifié si l'on songeait à juger ses calculs en les mettant aux voix. Les calculs clairs sont jugeables et non votables.

60. Nous avons vu (N° 7) que le non incorporé est préférable à l'incorporé et l'inhumain à l'humain, au point de vue de la robustesse, du remplacement et de la perfectibilité.

Donc, là où il est possible, le clair est préférable à l'obscur.

Ceci est très important, car lorsque nous essayerons de donner un schéma de l'homme, si certains organes se révèlaient être des machines c'est-à-dire de simples moyens auxiliaires utiles pour l'obtention d'un but, alors l'obscur devra céder au clair et l'incorporé au non incorporé, *Aussi longtemps qu'il s'agit de moyens*, seule l'efficacité compte, et les machines matérielles sont les plus efficaces.

61. Mais nous ne pouvons nous empêcher de pousser cette déshumanisation plus loin et nous demander si, dans le monde des doubles et des moyens, il pourrait exister quelque chose de spécifiquement humain. *Pourquoi copier une situation matérielle « avec de l'homme » et non avec de la matière ?* Pourquoi les machines créatrices de doubles (efforts mis à part) seraient-elles humaines ? Pourtant nous opposons tous une très forte résistance à cette déshumanisation de l'homme et voudrions croire toujours à quelque obscurité réelle du quasi-obscur. Les explorateurs les plus sincères de notre temps, les mangeurs d'hommes les plus acharnés portent en eux une limite, un cri de douleur devant la perte totale de l'homme, une peur du gouffre. Or, il n'y a pas de gouffre, puisqu'il s'agit de moyens et non du but, de copies matérielles et non d'affinité humaine.

Parmi les pièges que nous rencontrerons lors d'un essai d'établissement d'un schéma de l'homme, il en existe un que nous appellerons : *le* piège. C'est la résistance à la déshumanisation des moyens. « Il n'y aura jamais de machine à traduire ». Qui l'a dit ? Norbert Wiener lui-même. Or il suffit qu'un humaniste affirme tel procédé comme inimitablement humain pour que six mois plus tard une machine relève le défi. Et je crois que c'est bien à nous, moralistes, avec notre longue expérience de l'humain et du but, qu'il appartient de jeter du lest, de venir faire notre nuit du 4 août et donner honnêtement aux mécanistes tout ce qui est mécanique. Nous savons que l'amour du but est humain. Pourquoi s'acharner à garder un peu plus ou un peu moins de moyens et donner des entorses à la vérité au nom de l'humanisme ? L'inexactitude dans le schéma de l'homme

entraîné par ces entorses vaudra plus de difficultés dans la poursuite des buts humains, et plus de larmes que ne coûteront l'abandon de la machinerie du cœur, des poumons, du cerveau ou des gènes aux lois matérielles qui les régissent.

62. Lorsque, en partant de tels éléments, on cherche à retrouver la théorie juridique, on est étonné de voir l'importance que prend la classification : clair-obscur.

C'est là une classification originale, appropriée aux sciences de l'action et ne se superposant à aucune des classifications scientifiques habituelles. Les critères d'obscurité indiqués ici viennent de bien des directions différentes qu'un psychologue ou un biologiste classifierait. Un enfant qui assimile et pousse et d'autre part une assemblée délibérante qui met aux voix une décision particulièrement difficile, se livrent l'un et l'autre à une opération quasi-obscure dans laquelle on peut soupçonner quelque facteur spécifiquement humain, mais très différent. Pour l'action, cette différence est sans intérêt.

63. Connaissant ce travail, un certain nombre d'auteurs m'ont fait l'honneur de me citer, et j'ai eu l'occasion d'entendre dire, par exemple, que dans la haute administration d'une entreprise ou d'un État, le procédé clair ne suffisait jamais. Lorsque le calcul clair aura tout dit, il faudra encore qu'un administrateur vivant, utilisant le procédé obscur, et mettant en jeu « l'homme total », prenne la décision.

Or, l'homme total n'a rien à voir ici. Il appartient aux classifications psychologiques. Il est des cas où l'homme doit recourir à des procédés de calcul particuliers et verser la totalité de ses renseignements sur la table. Mais cela n'est pas encore une preuve de l'humain. Peut-être pourra-t-on inventer un jour une machine qui elle aussi saura mobiliser « la machine totale ». L'homme total accroît le doute, épaissit le quasi-obscur, il ne prouve pas l'obscur véritable, et devant les machines modernes il le prouve de moins en moins.

64. Le vote lui-même, d'allure si humaine, est pourtant employé en physique. Le vote prouve seulement notre ignorance du procédé. Voici un chronomètre réglé pour donner la seconde et que je ne sais régler pour la tierce, ne connaissant pas suffisamment les détails de ses engrenages. Alors je prendrai cinq chronomètres et je mettrai leurs opinions aux voix. Le procédé est pseudo-obscur ; seulement ici, s'agissant de chronomètres non incorporés, j'ai le moyen de vérifier qu'il s'agit d'une pseudo-obscurité.

De même lorsque notre esprit utilise deux méthodes parallèles,

l'une claire, l'autre d'allure quasi-obscure, lorsque par exemple, un enfant acquiert certaines notions instinctivement puis les retrouve par le raisonnement mathématique (selon une très intéressante remarque que m'a faite M. Liaigre), qui sait s'il ne s'agit seulement d'une machine pouvant travailler de deux façons différentes (comme une machine à calculer travaillant soit en décimal soit en binaire) et ne comportant rien d'humain ?

65. Pourquoi sommes-nous tellement tentés de voir partout la quasi-obscurité et à croire le quasi-obscur réellement obscur ?

1) La première raison est « *le* piège » (voir N° 61).

66. 2) Il y a ensuite l'immensité du cerveau, dont le plan de cablage est incompréhensible et nous fait crier au miracle. Il est facile de tricher dans l'obscurité, et quand on ne comprend pas, on affirme aisément avoir vu l'humain.

La *gestalt*, elle-même, est une obscurité, quelque chose que nous ne comprenons pas, une région où $2 + 2 = 5$. Mais l'incompréhensible ne garantit rien. La *gestalt* est une réalité, et les acquisitions dans cette direction restent acquises. Mais est-elle une réalité obligatoirement humaine ? A partir d'une certaine complexité, une machine deviendra peut-être elle-même gestaltisée et incompréhensible, sans que nous cessions de la savoir faite de roues dentées et de transistors, sans qu'elle puisse dissoudre le déterminisme matériel par le désir et l'effort (ou, comme disent les cybernéticiens par la neg-entropie).

67. 3) « Comment s'étonner des imperfections de l'homme » disait Alphonse Allais « quand on pense à l'époque à laquelle il a été fait ? »

Il n'en reste pas moins qu'un homme d'aujourd'hui possède, dans son cerveau, des doubles mémorisés reçus par hérédité, donc très anciens, peut-être déformés et à demi effacés. Des cartes dont les perforations sont en mauvais état donneraient peut-être des résultats comparables à ceux de la pensée obscure (la machine fonctionnera de façon irrégulière, intransmissible, incompréhensible, car nous ignorons le détail de l'usure des perforations). Elle donnera des éclairs de génie lorsqu'une secousse aura disposé les cartes d'une façon convenable, etc.

Cela ne signifie nullement que notre cerveau d'aujourd'hui soit inférieur à celui des temps passés, bien au contraire. Mais il est évident que, à côté des éléments clairs dont il dispose, l'homme possède d'autres éléments moins bons venus par hérédité, ou simplement mal mémorisés qui agrandissent encore sa mémoire,

mais qui paient leur immensité par un certain jeu introduit dans le mécanisme de la pensée. L'enrichissement de la mémoire est constant, mais il est plus ou moins bon, et certains documents peuvent introduire la pseudo-obscurité.

68. 4) Même lorsque nous nous fions au hasard, nous l'habillons des noms humains de flair, d'inspiration, de chance : je joue toute ma vie sur une carte, ou à pile ou face. Si je choisis face et que je gagne je crierai à l'inspiration ou à la chance. En réalité la probabilité était de 50 %.

69. 5) L'argument le plus impressionnant est celui de l'infinité ou de la transfinité de l'arbre des possibilités. Dans un aussi vaste problème, et quoiqu'il ne s'agisse que de la détermination des moyens, donc d'une simple copie et mesure de l'arbre matériel, une intervention supérieure et humaine serait peut-être nécessaire. C'est là une question des limites assignées au calcul, que nous ne saurions encore trancher.

Disons du moins que pratiquement et de nos jours nous n'avons jamais à choisir entre une infinité d'itinéraires possibles (voir N° 46). J'aurai généralement à choisir entre trois ou quatre routes possibles. Alors, si je possède un esprit clair je mesurerai les routes et les comparerai. Si j'ai l'habitude du travail obscur ou si la mesure claire est impossible je me fierai à mon flair de montagnard et dirai : c'est cette route-ci qui m'inspire confiance. Le problème, dans son infinité, ne semble pas encore se poser, ou alors il se pose et se résoud sans que nous le sachions clairement, et la discussion reste ouverte. A moins que nous sachions faire quelques hypothèses postulant là aussi, en faveur du clair.

70. Quoi qu'il en soit, et aussi longtemps que le procédé quasi-obscur n'aura montré son mécanisme, il se présentera comme un deuxième procédé doublant le clair, là où le clair existe, existant seul là où le clair se déclare impuissant (car le procédé obscur ne désarme pas aussi longtemps que dure la vie).

On pourra s'adresser soit au clair, soit, à son défaut, à l'obscur.

Il faudra donc faire appel au poste de tir ou au capitaine doué du « flair », au calculateur des nombres d'or ou à Michel-Ange, à l'opérationniste ou au débrouillard, aux sciences appliquées ou au Droit.

71. Rappelons que suivant les cas, les quatre éléments du double (affinité avec le but, mise à part) peuvent être soit obscurs soit clairs. Ces quatre éléments sont :

1) création du but (machines créatrices de l'image du but) ;
2) l'imagination du but achevée et fixée dans la mémoire ou dans les archives ;
3) création de la copie de l'itinéraire (machines créatrices) ;
4) copie de l'itinéraire achevée.

72. L'élément 1) peut être obscur (j'imagine un chapeau, une chaise, un dessin, sans savoir comment je m'y suis pris) ou clair (je choisis la chaise sur un catalogue, le chapeau dans une vitrine, le dessin parmi les propositions d'un kaléidoscope).

73. L'obscurité du 1) n'entraîne pas celle du 2). Maintenant que l'invention est faite, je vois parfaitement le chapeau que je veux, et je peux même le désincorporer en le dessinant. Le Droit exigera toujours la clarté du point 2), du moins en apparence. Il n'empêche que dans un immense nombre de cas, la figure du but reste quasi-obscure. Lorsque Isabelle d'Este écrit à Léonard, le suppliant de lui peindre une Madone avec un doux sourire et que Léonard accepte et peint le tableau, il y a là évidemment acte humain. Mais le contrat de louage d'industrie ainsi formé n'est pas juridique, car ni Léonard ni Isabelle n'auraient pu définir la figure de la Madone au sourire. Le juge ne saura pas si le contrat avait été bien ou mal exécuté (à moins que les clauses du contrat n'aient fait apparaître quelque obligation clairement jugeable qui seule sera appréciée par le juge.)

Nous savons que les points 3) et 4) peuvent être obscurs ou clairs, et ce sont surtout ces points que nous avions envisagés.

74. Un homme qui assimile des aliments se livre à une opération dont les termes 1) 2) 3) et 4) sont quasi-obscurs. Il en est de même de celui qui rêve un trésor, se lève à moitié endormi, suit l'itinéraire rêvé, ramène le trésor dans sa chambre et se rendort tout-à-fait. Au réveil le point 2) deviendra clair. Mais pendant la durée de l'acte, les quatre temps auront été obscurs.

Il n'existe pas d'acte entièrement clair. L'obscurité et la clarté sont toujours mélangées, avec prépondérance de l'une ou de l'autre.

Parmi les sous-distinctions qui plus tardd evront être faites, signalons au moins une.

75. Lorsqu'une quasi-obscurité a été résolue par un homme mais non par l'ensemble des hommes, il y aura *pseudo-obscurité*. Un poste de TSF est quasi-obscur pour une tribu de sauvages, mais il est clair pour l'explorateur. Il y a là pseudo-obscurité. Une opération chirurgicale, un calcul mathématique peuvent être quasi-obscurs pour le patient ou pour l'élève et parfaitement clairs pour le chirurgien ou le professeur. Ceci contient le germe de la théorie du contrat

de travail et de louage d'ouvrage, ainsi qu'une théorie des incapables. Sur le plan de la vie de tous les jours, l'extension du pseudo-obscur (le public ne peut plus suivre les progrès de la pensée scientifique) explique la vague de crédulité, de fausse science et de superstition qui caractérise notre époque, résultats inattendus du développement des sciences.

Ne pouvant plus comprendre et juger, mais sachant que certains sont capables de comprendre, le public croira tous ceux qui affirmeront avoir compris quelque chose.

Chute de finalité. Effecteur.

76. Les lois juridiques se comptent par milliers. Si, toutes, elles proposaient des buts, on resterait confondu devant ce cœur humain si versatile, capable de courir en même temps après une telle infinité de buts disparates. C'est là l'un des principaux pièges de l'étude du droit naturel : comment imaginer que ces milliers de petits buts puissent être imposés par une loi « naturae congruens, diffusa in omnes, constans, sempiterna » ?

Or, nous savons bien que tous ces prétendus buts ne sont nullement désirés pour eux-mêmes. A mesure que l'on approche du but, il se produit une *chute de finalité.* Un but plus lointain se démasque, et notre pseudo-but se montre comme une simple étape, un point remarquable sur une route menant, en réalité, beaucoup plus loin. *Notre but n'était donc qu'un moyen, faussement érigé en but.*

77. Deux conséquences :

1) Les buts sont infiniment moins nombreux que nous ne le croyions.

2) Le Droit n'étudie pas les buts. Ce que nous prenons pour des buts, n'est en réalité que moyen. *Comme toutes les sciences appliquées, le Droit* ou du moins une grande partie du Droit, *s'applique à calculer des moyens.* D'une façon ou d'une autre, il double les sciences appliquées.

Voici quelques raisons pour lesquelles un point d'itinéraire peut devenir remarquable et se trouver provisoirement érigé en but.

78. 1) Lorsque l'itinéraire est fixé, nous attachons toute notre attention à réaliser le premier tronçon, oubliant tout le reste. Chaque fin de tronçon prendra alors allure de but. Pour sauver un enfant (but), il faut trouver d'abord de la pénicilline. Toute mon attention se concentrera sur ce point, comme s'il s'agissait d'un but désiré

pour lui-même. Mais il ne s'agit que d'un moyen : si à mon retour, je trouve l'enfant guéri, je jetterai la pénicilline dans la poussière du chemin et je courrai embrasser l'enfant.

79. 2) *Mode de création des itinéraires obscurs.* (ce point me paraît essentiel).

Nous avons vu que le but lui-même pouvait être obscur (Léonard et Isabelle ignorent la figure de la Madone au sourire). Or la plupart des buts qui semblent pouvoir résister à une chute de finalité sont quasi-obscurs. On pourrait comparer cela à une route très longue au bout de laquelle brille une faible lueur. Ce point à peine déchiffrable et qui nous attire serait un véritable but.

D'une façon toujours obscure et inexplicable, nous arrivons ensuite à allumer le long de cet axe obscurément trouvé, une série de lampadaires, c'est-à-dire de figures, de points de passage remarquables. Du moins aurons-nous réussi ainsi à faire surgir, en pleine lumière et en clair la zone entourant immédiatemment le premier lampadaire. Alors cette zone est érigée provisoirement en but. Les autres lampadaires ne produiront d'ailleurs plus de zones bien claires, et leur clarté s'obscurcira avec la distance.

Si, jusqu'au premier lampadaire (devenu provisoirement notre but), la route peut désormais être clairement calculée, on l'abandonnera au travail clair. Si l'itinéraire menant jusqu'à ce but que maintenant nous connaissons clairement, ne peut être établi clairement, nous fixerons toujours *par des moyens obscurs* l'image d'un point encore plus rapproché, et confierons alors ce court tronçon au calcul clair.

Il est évident que lorsque le premier lampadaire sera atteint, il y aura une chute de finalité, le deuxième lampadaire se démasquera mieux et deviendra à son tour un but provisoire.

C'est l'image du partage du travail qui, *dans le calcul des itinéraires* lui-même, a lieu entre les sciences appliquées et le Droit.

80. Le Droit se charge des longs itinéraires directement sensibles aux buts lointains et obscurs. Les itinéraires plus courts, acceptant sans discussion et sans mettre en cause le but lointain, un but rapproché quelconque proposé du dehors (par le droit ou la morale), appartiendront aux sciences appliquées.

81. Le mécanisme indiqué ici nous amènera à changer beaucoup nos idées courantes concernant les machines, et aussi celles concernant le croisement de la phase de décision et d'exécution. Il éclaire aussi, me semble-t-il, la notion si familière aux cybernéticiens et pourtant si difficile à définir de l'*effecteur*.

82. *Remarque concernant la « causa » juridique.* La plus joyeuse anarchie règne dans les termes juridiques désignant la figure du but. Parmi les très nombreux termes, celui de « causa » dans son acception romaine (causa proxima, causa remota) envisagée en dehors des contrats, coïncide exactement avec celui de but ou image du but, utilisée ici. Mais c'est le terme qui est remarquable et qui depuis toujours froisse l'esprit scientifique.

Pour un physicien il est inconcevable que l'arrivée du train à Genève puisse être qualifiée de *cause.* La cause figure au début de l'acte, et l'arrivée à Genève serait plutôt l'effet.

Mais il faut bien voir de quel Genève il s'agit. Et nous savons bien que la cause n'est pas le Genève original. Il s'agit de l'image du train arrivé à Genève qui a surgi dans mon esprit, image avec laquelle j'ai fait un pacte et qui est devenu mon but. Et c'est bien elle la *cause* de tout ce qui a suivi, c'est-à-dire de l'acte humain. C'est elle qui m'a poussé à imaginer l'itinéraire puis à l'éxécuter.

La discipline obscure des itinéraires.

83. Ainsi, pour une très grande partie, *le Droit ne serait pas une discipline normative.* Il serait, venons-nous de dire, une discipline balayant le même domaine que les sciences appliquées : une discipline des itinéraires et non des buts. Car s'il se bornait à indiquer les buts, le Droit se réduirait à quatre phrases sinon à une seule, non encore exprimée.

Existe-t-il même un seul texte juridique dont on puisse dire qu'il exprime clairement un véritable but lointain ? Ces buts ont-ils jamais déterminé les injections juridiques autrement que par une attraction obscurement sentie ? On sait le travail épuisant et décevant qui consiste à vouloir établir un droit naturel écrit, ou même une surcodification. A mesure que l'on veut exprimer les buts profonds, le champ se rétrécit. La loi naturelle se réduit à quelques mots, eux-mêmes discutables et discutés, mais qui ne donnent pas l'impression de saisir l'essentiel et d'ouvrir la voie d'une action efficace.

84. La différence entre sciences et Droit, avons-nous dit, tient au fait que les sciences travaillent en clair, alors que le droit utilise des procédés d'apparence plus obscure. Ceci justifiera alors la division du travail qui vient d'être indiquée : le droit se charge des longs itinéraires et propose aux sciences des buts clairs et rapprochés vers lesquels elles construisent des itinéraires courts. Ceci n'empêche d'ailleurs pas le travail parallèle là où les deux procédés restent possibles.

Il reste à établir, ce qui paraît à première vue incroyable, que le Droit soit une discipline non pas obscure (car il s'entoure de tous les éléments de décision clairs que l'époque peut fournir), mais une discipline où le dernier mot reste à l'obscur.

85. Ce sont là des choses que l'on doit étudier dans le détail lorsque l'on veut établir une théorie juridique à partir d'un schéma humain.

Disons pour l'instant que *la législation*, donc l'essentiel de la fixation des itinéraires humains par le Droit, montre tous les signes de l'obscur.

Sa confection n'est ni compréhensible ni enseignable (qu'il s'agisse de lois données par un prophète ou par un législateur moderne). Comment a-t-on pu éclairer un premier lampadaire et montrer en clair la figure d'un but rapproché ? Il n'existe pas de diplôme de législateur (il n'est pas exigé de savoir lire et écrire) et la seule qualification du législateur est sa réputation de posséder un puissant don obscur. Il n'y a pas d'écoles de législation pas plus qu'il n'y a de véritables écoles pour l'enseignement de l'art. La législation s'apprend comme s'apprend la peinture : en peignant, en regardant le monde et en s'interrogeant soi-même obscurément. La législation n'est pas jugeable (il n'existe pas de tribunal de la légalité en France, et il n'y a nulle part de tribunal de la constitution). Enfin, signe des signes : lorsque tout a été dit, de ce qui pouvait se dire clairement, la décision définitive est mise aux voix par les députés.

La part du clair est beaucoup plus grande dans l'*administratif* et le *judiciaire*. Mais ces deux pouvoirs se suspendent à une loi obscurément trouvée (rappelons que la loi juridique trouve obscurément non pas les buts, ce qui serait naturel, mais les moyens et les points d'étape).

86. En ce qui concerne l'*administration*, on peut dire d'autre part que (mis à part le cas du fonctionnaire quasi-automatique qui distribue des billets dans une gare et pourrait déjà être remplacé par une machine), même dans l'administration, c'est l'obscur qui a le dernier mot. Un « grand administrateur » est souvent irremplaçable et travaille par des voies non entièrement compréhensibles. Il reste pourtant vrai que le travail clair apparaît chez beaucoup d'administrateurs (surtout subalternes). Le travail devient alors immédiatement enseignable, sommable, jugeable, non collégial, non infecté du vote, *et c'est là l'un des meilleurs critères permettant de distinguer législatif et administratif.*

Mais cela signifie aussi que dans ce domaine le clair et l'obscur balaient les mêmes tronçons d'itinéraire et que le clair éliminera

forcément l'obscur. Le Droit étant par essence obscur, l'administration n'est peut-être que très peu juridique et c'est là une partie du Droit que les sciences — et notamment le calcul opérationnel — revendiqueront très bientôt [1].

Quant au *judiciaire*, qui travaille en « feed-back » avec le législatif, nous sommes maintenant tous d'accord à reconnaître que le juge n'est jamais complètement enserré dans le système législatif et qu'il fonctionne comme un législateur complémentaire. Preuve essentielle : les juridictions ayant quelque importance sont à structure collégiale et mettent leurs décisions aux voix.

87. Ce sont là des choses, en apparence, bien étonnantes. Un homme qui ne confierait pas la construction de son garage ou de ses contrevents à un ingénieur incapable de conduire ses calculs clairs, confie sa vie et sa destinée à un législateur obscur. Mais comment faire autrement, puisque le procédé clair n'est pas encore capable (en admettant qu'il le soit jamais, ce que rien ne prouve ni rien n'infirme) d'étreindre des problèmes aussi vastes ?

Alors que je pensais rencontrer une grande résistance parmi les juristes, concernant l'obscurité du droit, j'ai été surpris par la facilité avec laquelle cette obscurité semble pouvoir être acceptée. De très nombreux juristes à qui j'en ai parlé, ont très facilement admis l'existence du raisonnement juridique obscur ne s'acquérant que par l'expérience diffuse et laissant le dernier mot à l'intime conviction.

Concurrence du clair et de l'obscur.

88. Ces observations ne forment pas un plaidoyer en faveur de l'obscur, bien au contraire. Elles essayent de constater ce qui est, non ce qui devrait être. Il s'agit tout d'abord de ne pas nous leurrer sur la qualité de notre travail, et de le reconnaître pour obscur. Il faut ensuite améliorer autant que possible nos efforts — qui se poursuivent depuis que le Droit est droit — vers une prescience et une honnêteté à l'intérieur de l'obscur (°), et en somme de tendre le plus possible vers notre limite qui est celle d'une science entièrement claire (°).

Il faudrait, d'autre part, que le Droit cède le plus rapidement possible ce qui est déjà clairement réalisable, et s'associe celles des sciences qui peuvent enfin poursuivre en clair les trajets jusqu'ici réputés obscurs (il s'agit notamment de la topologie combinatoire et du calcul opérationnel). Pendant de nombreuses années encore

1. Voir, Lucien Mehl, « La cybernétique et l'administration » dans *La Revue administrative*, juillet 1957.

le travail obscur restera obligatoire dans bien des cas. L'arbre des possibilités est si vaste que tous les efforts — clairs ou obscurs — trouveront à s'y employer.

89. Quelle que soit la dose de clarté entrant dans sa composition, un procédé restera juridique aussi longtemps que le dernier mot restera à l'obscur. Et le droit, qui ne se départit jamais de l'obscur, l'amène jusque dans des régions qui normalement devraient être claires. Ainsi les articles 4 du code civil ou 342 du code d'instruction criminelle. « La loi ne demande pas compte au juré des moyens par lesquels il s'est convaincu ». Il s'agit pourtant de la simple identification d'un fait matériel.

90. Remarquons que — inversement — les sciences appliquées utilisent constamment le procédé obscur [1]. L'émission d'une hypothèse ou l'invention d'une machine mettent en route l'obscur. Mais le dernier mot restera au raisonnement clair. Lorsque la machine sera inventée, on pourra démontrer qu'elle mènera jusqu'au but. Une loi juridique au contraire est une hypothèse non vérifiée (peut-être non vérifiable) menant vers un but lui-même obscur (°).

La cybernétique.

91. Si le droit se charge obscurément des longs itinéraires, et que les courts appartiennent aux sciences appliquées claires, que restera-t-il à la Cybernétique.

Nous devons remarquer alors qu'une concurrence s'établit de nos jours entre les Droits et les sciences. Le Droit tend à descendre jusqu'aux détails, jusqu'au taux des graisses dans les fromages et des graphites dans les essences. Dans tout cela le Droit gardera sa technique obscure, c'est-à-dire la mesure administrative coiffée par la disposition législative.

Par un mouvement d'expansion contraire, les sciences tendent à allonger leurs itinéraires et à concurrencer clairement le Droit sur des itinéraires assez longs. Car lorsqu'un administrateur utilise le calcul opérationnel, il a cessé d'être juriste et devient homme de science.

L'allongement des itinéraires clairs est une conséquence naturelle de l'enrichissement des sciences. Celles-ci font sauter les pseudo-buts et allongent leurs itinéraires jusqu'à d'autres buts plus lointains, seuls capables de garder quelque apparence humaine. Pour reprendre un exemple déjà donné [2], l'aviateur qui à moitié évanoui,

1. Dans notre schéma, une certaine quantité d'obscur entrera par construction dans les temps 1) et 3).

2. Voir : Aurel David, « Méthode sociologique et méthode législative » dans *Rivista internazionale di filosofia del diritto*, mai 1957.

se penche vers l'oreille du gouverneur automatique et des servomécanismes de bord et leur murmure : « je veux aller à Londres » se borne à indiquer un but très lointain. Tout le reste, qui jusqu'ici semblait humain, sera décidé par les machines pointées vers le but. Un jour prochain on ne dira même plus : « je veux aller à Londres ». On exprimera quelque but plus lointain et la machine comprendra que pour y arriver il faut d'abord aller à Londres.

Pourtant, cette déshumanisation, cette destruction des buts s'est poursuivie sans intention précise, et par le simple développement des sciences.

92. Ensuite est apparue la Cybernétique. Bien plus qu'une science, celle-ci est un nouvel esprit de recherche. Si M. Couffignal l'a si bien définie comme discipline de l'efficacité, c'est qu'avec la Cybernétique est née une nouvelle recherche de l'efficacité et une nouvelle tension de cette recherche. L'esprit cybernétique possède toutes les tensions qui déterminent une Renaissance : la mise en doute de ce qui a été fait, le besoin de dépasser ce que l'on pensait pouvoir faire, et le courage de regarder un peu plus longtemps en face cette vérité qui brûle tellement les yeux.

Le besoin de trouver l'efficacité parfaite se manifeste de deux façons.

93. Il y a d'une part la volonté de mieux sonder l'arbre des possibilités. Mis à la tête d'une entreprise de transports, un calculateur opérationnel innovera déjà beaucoup en coordonnant clairement le roulement des camions.

Mais un cybernéticien ira plus loin et mettra tout en question : « Puisque nous cherchons la plus grande efficacité, pourquoi des camions et non un pipe-line ? pourquoi un pipe-line et non autre chose ? » Le cybernéticien est un savant qui ne regarde une machine — qu'il s'agisse d'une organisation non incorporée ou d'une partie de la machinerie biologique humaine — que pour la remplacer par une autre. Il a senti l'existence d'une ligne d'efficacité idéale et essaiera de l'approcher toujours davantage.

94. Le deuxième point, beaucoup plus important, donne à la Cybernétique une apparence de destructrice des morales. Le cybernéticien est l'homme des automatismes. C'est l'homme qui a entrepris d'allonger volontairement les itinéraires clairs, non plus par le simple développement des sciences, mais de propos délibéré, en prenant à chaque science ses meilleures pointes de pénétration, et en essayant de voir jusqu'où il pourra aller. L'esprit cybernétique consiste à faire sauter les bouchons placés sur les itinéraires, à supprimer les pseudo-buts et le faux humain.

Lorsque le préfet indiquera un prétendu but (il faut construire un pont), l'ingénieur le croira et se bornera à réaliser ce but directement et humainement voulu par le préfet. Au lieu de cela, le cybernéticien commencera à tourner autour du préfet en se demandant si l'on ne pourrait pas le remplacer, lui aussi, par un relais mécanique (du moins en ce qui concerne la décision de bâtir un pont). Cela allongera beaucoup l'itinéraire clair, et il faudra peut-être remonter jusqu'au ministre pour trouver un ordre profond et obscur.

Le cybernéticien veut bien qu'on lui parle de buts. Mais comme le dauphin de la Fontaine, il se retournera pour voir celui qui lui donne des ordres. Et s'il entend le préfet faire un petit bruit d'engrenages et de cliquets, il le jettera à l'eau et repartira chercher un homme.

95. Est-ce là détruire la morale ? Une si exacte recherche de l'efficacité devient une méditation sur l'homme. Elle exige le courage des marins de la Renaissance, qui voulaient avoir le cœur net, et, ou bien voir la terre s'ouvrir sous leur pas, ou bien découvrir réellement une terre nouvelle. Car si, en détruisant but et valeur, le cybernéticien risque d'anéantir l'homme, peut-être arrivera-t-il enfin à un véritable but et verra-t-il dans ses détails cette splendeur dont les juristes parlent toujours à mots couverts, et qui oriente tous nos itinéraires.

La Cybernétique serait donc la science des itinéraires idéalement efficaces menant sans fausses haltes jusqu'à un véritable but.

Ainsi conçue, la Cybernétique hâtera le juste partage entre l'obscur et le clair, entre le Droit et les sciences.

On ne doit pas craindre pour l'instant que le Droit se résorbe ou se confine aux seuls buts, laissant tous les itinéraires entre les mains des sciences claires. Les efforts parallèles du Droit et des sciences sont encore nécessaires et ne suffiront pas à la tâche.

En exposant le schéma de l'homme, nous essaierons d'indiquer en clair une hypothèse sur la figure finale. Même alors l'arbre des itinéraires ne deviendra pas clair, de même qu'il ne suffit pas de vouloir gagner une partie d'échecs pour savoir comment on pourrait la gagner. L'indication du point de sortie d'un labyrinthe n'indique pas l'itinéraire le plus efficace conduisant à cette sortie.

L'arbre des possibilités est grand comme l'univers matériel, alors que nous n'avons même pas encore pu quitter notre planète. Beaucoup de choses restent donc à faire au Droit et aux Sciences puisque nous n'avons encore presque rien fait.

(à suivre).

Cybernetica (Namur)
Vol I — N° 1 — 1958.

Si peau d'âne m'était conté.

par Pierre Auger,

Directeur du Département des Sciences exactes et naturelles de l'U. N. E. S. C. O.

Puisque la querelle qui oppose la peinture abstraite à l'art figuratif reste sans solution, on peut se demander si le problème n'est pas mal posé. Son extension aux autres formes d'art le montre assez clairement : ainsi, la musique n'est figurative que de façon épisodique, tandis qu'en poésie et encore moins en prose, l'abstraction pure ne peut aboutir. Pourtant, toutes les formes d'art sont proche parentes et l'on ne saurait condamner la prose pour être trop figurative ou la musique pour ne l'être pas assez.

Il existe d'ailleurs dans les arts non plastiques deux mouvements opposés que l'on pourrait rapprocher de ces formes de la peinture. En musique, ce serait la construction thématique ou sérielle en face de certaines anarchies atonales ; en littérature, il s'agirait du contraste entre l'épique et le lyrique, le récit et le haïkaï. Ceci nous conduirait à comparer la qualité figurative d'une œuvre avec son contenu conceptuel, c'est-à-dire, dans le jargon de l'époque, avec l'information qu'elle peut communiquer.

Que l'émotion artistique comporte la réception d'un message est évident : il faut voir un tableau, entendre une mélodie. On peut aussi décrire une statue ou lire une partition. Mais ce message contient-il des informations au sens de la Cybernétique, comme celles qu'apporte une lettre d'affaires ou le plan d'une machine ? Pour décider, examinons comment ces deux messages, d'art ou de technique, supportent la répétition. Pour la technique, c'est une redondance totale, donc une perte, car le nombre de signaux doit y être réduit au minimum compatible avec une transmission sûre. On apprécie un texte dense, sans bavures, un plan précis sans orne-

ments et la redite n'est tolérée que pour un mot rare ou un chiffre important. Dans les arts, c'est l'inverse : les reprises, échos et variations, les rimes, allitérations, refrains et envois sont de règle en musique et en poésie. De plus chacun sait qu'un poème doit être relu ou redit pour être pleinement apprécié, que la sculpture ou la peinture ne peuvent être épuisées au premier regard et qu'une longue contemplation s'impose. Une œuvre belle ne fait qu'y gagner, et cette familiarité qui résulte d'une fréquentation répétée, loin de nuire à notre plaisir, l'accroit parfois jusqu'à rendre une séparation aussi sensible que pour un ami. L'application de ce critère aux messages d'art permet alors d'y distinguer les éléments d'information comme étant ceux qui pâtissent d'être répétés. Ce seront par exemple les circonstances précises, « anecdotiques », du sujet d'un tableau, ou bien l'histoire dans un roman lorsqu'elle prétend à la première place au détriment du style et de l'atmosphère. En poésie d'ailleurs, l'information n'est souvent guère plus qu'un prétexte et voici que nous nous trouvons rejoindre la peinture abstraite.

Répétition, valeur esthétique. Comment ne pas établir un rapprochement avec ces deux caractères de l'enfance, le goût de revoir et de réentendre et une susceptibilité artistique universelle. Pour l'enfant, tous les traits du monde qui l'entourent sont comme des messages d'art et c'est sans doute pourquoi il en admet ou en réclame une réitération presque indéfinie. C'est aussi pourquoi lorsqu'il cherche à nous les présenter par la peinture ou la poésie, il atteint d'emblée au cœur même de l'art ; seule la puissance lui manque et l'expérience des passions, parfois l'adresse physique.

Cette faculté de réceptivité, nous la perdons, hélas, lorsque la pratique de la vie d'adulte a durci notre peau et brouillé notre vue et l'on sait que les poètes et les amoureux sont les seuls qui retrouvent parfois un oasis de la jeunesse. Qu'il s'agisse d'un état bien défini, d'ailleurs, chacun de nous peut l'éprouver s'il analyse la qualité de sa propre perception du monde quotidien, au sortir d'une heure passée en compagnie des œuvres de grands peintres, au musée par exemple. Les arbres, les quais, la rue elle-même ; un manteau rouge dans la foule sont perçus avec la fraîcheur du regard de l'enfance et nous en restons quelques instants tout éblouis.

Lorsque les théoriciens de la Cybernétique réussirent à définir et isoler le concept physique nouveau de l'information, ils établirent des méthodes pour mesurer la quantité de cette information contenue dans un message, compte tenu des diverses conditions de son émission et de sa réception. Mais ils reconnurent en même temps que la signification humaine d'un message échappe à ces méthodes précises de mesure, parce qu'elle dépend fondamentale-

ment de l'état d'esprit de celui qui reçoit. L'information joue plutôt le rôle d'un agent véhiculaire qui apporte un matériel indispensable à la signification mais ne détermine celle-ci ni qualitativement ni quantitativement. Ainsi, un long discours, plein de contenu concret ne retient parfois même pas notre attention, alors qu'une annonce par oui ou par non, transportant une information que les physiciens chiffrent par l'unité minimum, peut apporter la vie ou la mort. Mais il en résulte aussi que pour signifier quelque chose, le message ne peut jamais se passer entièrement de l'information porteuse. Et alors si le message d'art contenu dans une œuvre représente la forme la plus pure de la signification, on aperçoit peut-être la raison de l'échec des tentatives pour atteindre à un dépouillement total, pour pénétrer dans ce foyer où brille l'âme même de l'art, grâce au rejet de tout lien terrestre, de toute information ou figuration triviale. Piet Mondrian, Malevitch, d'autres encore se sont parfois risqués si près du char d'Apollon qu'ils ont brûlé leur équipage et sont retombés dans le vide.

CYBERNETICA (Namur)
Vol I — N° 1 — 1958.

ÉDITIONS J. DUCULOT, S. A., GEMBLOUX *(Imprimé en Belgique)*.