



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Comptes Rendus

Biologies

Antoine Danchin

Pasteur and “motivated” research

Volume 345, issue 3 (2022), p. 109-119

Published online: 14 October 2022

Issue date: 10 November 2022

<https://doi.org/10.5802/crbiol.89>

Part of Special Issue: Pasteur, a visionary

Guest editor: Pascale Cossart (Professeur de l’Institut Pasteur, France – Secrétaire perpétuel honoraire de l’Académie des sciences)

This article is licensed under the
CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION 4.0 INTERNATIONAL LICENSE.
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Les Comptes Rendus. Biologies sont membres du
Centre Mersenne pour l'édition scientifique ouverte

www.centre-mersenne.org

e-ISSN : 1768-3238



Pasteur, a visionary / *Pasteur, un visionnaire*

Pasteur and “motivated” research

Pasteur et la recherche « motivée »

Antoine Danchin^① ^a

^a School of Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, The University of Hong Kong,
21 Sassoon Road, Pokfulam, 999077 SAR Hong Kong, China

E-mail: antoine.danchin@normalesup.org

Abstract. Pasteur's originality in the way he developed pure research is to have understood the importance, for society, of the underlying motivation. Curiosity, of course, is a strong motivation, which explains why we seek to understand the origin of life. But, in front of the immensity of the possible choices, why not, also, choose to start from questions of economic interest (diseases of beer and wine, diseases affecting the silk industry ...) Finally, of course, health is a constant preoccupation, but the diseases, which have no borders, often come from tropical countries and Asia especially. It is therefore necessary to settle there, but not to come and impose one's point of view, but on the contrary to use the knowledge coming from the local culture in order to open new ways of understanding the reality of the world.

Résumé. L'originalité de Pasteur dans sa façon de développer la recherche pure est d'avoir compris l'importance, pour la société, de la motivation sous-jacente. La curiosité, bien sûr, est une motivation forte, qui explique pourquoi nous cherchons à comprendre l'origine de la vie. Mais, devant l'immensité des choix possibles, pourquoi ne pas, aussi, choisir de partir de questions d'intérêt économique (maladies de la bière et du vin, maladies affectant l'industrie de la soie ...) Enfin, bien sûr, la santé est une préoccupation constante, mais les maladies, qui n'ont pas de frontières, viennent souvent des pays tropicaux et de l'Asie spécialement. Il est donc nécessaire de s'y installer, mais pas pour venir imposer son point de vue, mais au contraire pour utiliser les connaissances issues de la culture locale afin d'ouvrir de nouvelles voies de compréhension de la réalité du monde.

Keywords. Pasteur's quadrant, Speculative research, Research policy, Research applications, HKU Pasteur Research Centre Ltd, Abduction, Pastorian spirit.

Mots-clés. Quadrant de Pasteur, Recherche spéculative, Politique de la recherche, Applications de la recherche, HKU Pasteur Research Centre Ltd, Abduction, Esprit pastorien.

Published online: 14 October 2022, Issue date: 10 November 2022

La version française de l'article est disponible à la suite de la version anglaise

Like Louis Pasteur in his time, and long before the terrible economic and political crisis we are experiencing today, we, the actors of the academic world,

should have found a way to inspire the political power to value speculative research. This highly original human activity is crucial for the future not only

of our country but of the world in general. The man whose birth we are honoring today did not hesitate to dare to do so and to do so persistently, for example when recalling the words of Claude Bernard [1, p. 213]:

“One can contribute to the advancement of science by two distinct ways: 1° by the impulse of discoveries and new ideas; 2° by the power of the resources deployed for work and scientific development. In the evolution of science, invention is without question the essential part. However, new ideas and discoveries are like seeds: it is not enough to give them birth and to sow them; they must be nurtured and developed by scientific culture. Without this they either die or emigrate, and then we see them flourish and bear fruit in the fertile soil they have found far from the country that saw their birth.”

But Pasteur's way of engaging in this path was original to him and it remains completely new. Discussed many times, the Pastorian vision of research still deserves to be recalled. History highlights how human insatiable curiosity has continuously increased our common knowledge, and especially quickly when the Greek philosopher-scholars created Science. It is often forgotten that this invention is not a solitary path, an ivory tower, because it is immersed in the collective management of the common good. To be sure, Science was invented in the same place and at the same time as Democracy, true democracy, the one that should be named Democracy of the City (emphasizing the good side of politics, since the πόλις is the Greek city). Alas, modern times have replaced this admirable form of collective government with the derisory dictatorship of the individual, which creates not solidarity but competition, ignorance erected as a principle, as well as its corollary, the right of the strongest. Now this contemporary pseudo-democracy goes hand in hand with a profound alteration of the idea of what Science is: the absence of any measure delimiting what is scientifically valid leads straight to obscurantism and to “anti-science” based on the corrupt idea that knowledge is the result of a vote, most often anonymous.

Pasteur's political contribution in this field was to understand that it was not only possible but also desirable to place the quest for any production of pure knowledge in a context where politics had a say, but this was not at all cost. For Pasteur, far from slowing down the progress of knowledge, deciding which paths are most important to explore at a given moment for economic or even political reasons can, and should, help produce the most profound conceptual knowledge.

1. From curiosity-driven research to research applications

This is particularly true because, apart from mathematics, which is often satisfied with paper and pencil, the research that produces our common knowledge is based on the invention and use of particularly costly techniques. Science is a social activity that cannot be summed up simply by invoking an ideal that would be that of the sole construction of models based on a hypothetico-deductive approach. Indeed, one must also include the socio-economic context and the psychological motivations of the researchers, without forgetting the evolutionary context that comes from the very nature of the human being, a social animal that inherits a very rich past, of which an inescapable character is the exploration of the environment. Exploring is a constant trait shared by all living organisms. Among the different modes of these explorations, the reflexivity of human thought leads most of us to seek to understand the origins of all things. Thus, Pasteur, a chemist with a passion for open questions, is known for his contribution to the question of the origins of life.

But for what concerns us here, he is also and above all praised by the general public for his role in identifying the microbial causes of disease and, of course, his contribution to hygiene and vaccination. How did Pasteur go from observing the asymmetry of living organisms to studying diseases? It is the observation of the inevitable contamination of natural environments by “germs” that makes the transition. But rather than sideline the question of the political involvement of research, Pasteur very explicitly insisted on the idea that in order to achieve useful applications, it was necessary first and foremost to apply something discovered elsewhere in a purely intellectual and somewhat “free” quest. The sentence:

“No, a thousand times no, there is not a category of sciences to which one can give the name of applied sciences. There is Science and the applications of Science, linked together as the fruit to the tree that has borne it” [1, p. 215]

is continually repeated, but rarely are the modes and consequences of what it means, and especially its deployment in time, emphasized [2]. The exploration of the world is always *motivated*. The universe is infinitely varied and the number of questions we can ask ourselves about it is infinite. We must therefore make choices to explore this or that. Science, which produces models of the world, cannot direct our choices. This is where motivation comes in. And if we go back to the origin of Science, we easily notice that these are very common motivations that preceded it: between land surveyor and mathematician-geometer there is only a difference of degree. But one quickly comes to the idea that finding a generic approach to a common practice, but always instantiated in the unlimited variety of specific data, will ultimately be more efficient than starting the procedure over and over again. Geometric abstraction quickly improves surveying, but, in an extraordinary sense, it also immediately opens up an infinite number of abstract domains whose depth no one could imagine. The boundaries remained blurred between science (ἐπιστήμη) and technique (τέχνη) until the moment when Greek thought understood the interest of producing models, justified by a rationality of its own based on the rules of logic and calculation, confronted with the world in its concrete reality. Science then discovered that understanding the world can be achieved because it is easy to explore a model, whereas for the world itself it is not. The progress consists then in confronting these models with reality and to continue in a recursive way the procedure, based on the research of the *inadequacy* between the model and the reality.

In this context there was not, at the beginning, the idea of a Science for Science, as Art was Art for Art. So the dialogue between science and technology, between the creation of new knowledge and the applications of this knowledge, has regularly resurfaced in the limelight. This soon led to the excess, typical of political speeches, which allows one to believe that it is enough to want to find and invent: “We want researchers who find”. This is an oxymoron, since the

very idea of discovery is that something that did not exist emerges, like the magician pulling the rabbit out of the hat. Even if there is a true scientific method, the logic of discovery is an illusion, despite the Popperian discourse [3]: one must first seek to find (even by accident, that “serendipity” of the English that names accidental discovery). But, once again, let us quote Pasteur:

“Ersted, a Swedish physicist, was holding a copper wire, connected at its ends to the two poles of a Volta battery. On the table was a magnetized needle placed on a pivot, and he suddenly saw (by chance, you may say, but remember that in the fields of observation chance favors only prepared minds), he suddenly saw the needle move and take a position very different from that assigned to it by terrestrial magnetism. A wire crossed by an electric current makes a magnetized needle deviate from its position: here, gentlemen, is the birth of the current telegraph.” [4]

This presupposes that one has kept in the back of one's mind the idea of searching for what one has just encountered by chance, and this is similar to the principle that makes a systematic use of the procedure, the *abduction* process popularized nowadays by artificial intelligence: facing a forest at night, you shoot in the dark, and if you hear a cry, then that gives you the means to begin your quest; if not, you try again. We only know how to produce the conditions for discovery, and this is what university training should encourage [5].

2. Application-driven research

The reasons for the choices made must then be motivated, if only because of the enormous human, financial and time investments involved. By *motivated research*, without being more precise, we retain here the following, based on a reflection of the mathematicians Jean-Pierre Aubin and Georges Haddad, and intended to discriminate between various avenues in the political choices to be made in order to develop Science [7]. Each of us has particular interests, and it is not absurd to take as motivation, upstream

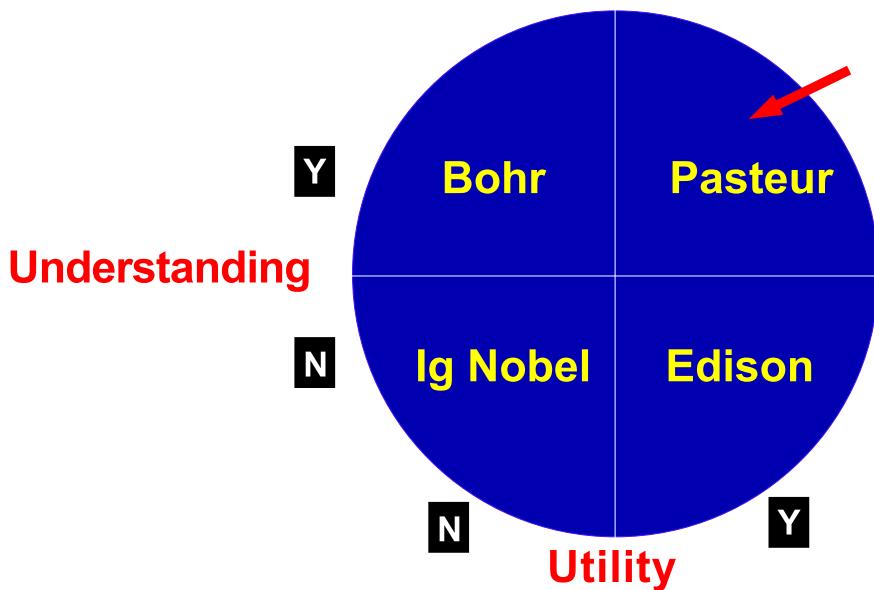


Figure 1. Stokes' “Pasteur's quadrant” revisited. Stokes notes that if we put science and practical uses of interest in parallel, we find people who are either interested in knowledge for knowledge's sake (understanding the infinitely large and the infinitely small in particular), or, on the contrary, people who seek to respond to a common demand without worrying about the reasons that allow the technique or the products they invent to function [2]. Niels Bohr wanted to understand the intimacy of atoms and was not at all interested in the applications of what he discovered. On the contrary, Thomas Edison, faced with the difficulties of lighting using candles, invented the electrically powered heating filament that lights up. There is an alternative to each of these ways of doing things, and Pasteur gives us its best illustration. Why not choose social demand as a pretext for understanding the intimacy of the Real? This is Pasteur's quadrant in the diagram. But of course, beyond Stokes' vision, there is still a fourth category, which illustrates the last quadrant of the utility/knowledge question. Some works, unfortunately still quite numerous, have neither conceptual interest, nor applications. These are the works that are illustrated each year by the Ig-Noble (“ignoble”) prize and which, beyond making us laugh, should question the nature of many scientific works [6].

of speculative research, the interests expressed by a large number of our fellow citizens. As we have recalled, questions of origin are frequently asked and arouse great interest: this explains the immense interest in Pasteur's initial work (to date, one can find nearly twenty million pages with the Google search engine about the origin of life, in French, for example, and 75 million in English!) But there are many concrete problems that can only be solved after a very deep reflection upstream. In his book *Pasteur's quadrant*, Donald Stokes highlighted, in 1997 [2], that the identification of these questions leads to an original way of developing research: it is by wanting to solve a problem whose applications are particularly useful that one naturally motivates the creation of

new fields of conceptual exploration. This is exactly what Pasteur understood (Figure 1).

Unlike Edison, for example, who invented only technologies of immediate practical interest, Pasteur's way of doing things was to start from social motivation (breweries and wine cellars for beer and wine diseases, silkworms in the Rhône valley,...) to develop original speculative research, especially that which is at the basis of modern microbiology. With this way of doing things there is no opposition between the construction of a research motivated by social interest, and the creation of speculative knowledge, but on the contrary a particularly rich and fruitful complementarity in its consequences and easily justifiable to the general public.

3. Research motivated by ultramarine public health applications

A generally shared motivation is that of health, but Pasteur's celebrated role in the field of hygiene and the fight against pathogenic micro-organisms, which is widely debated, will not be developed here. We will only consider the political aspect of these researches, underlining the idea particularly dear to Pasteur that Science is a universal common good, because it highlights the central conceptual function of this human activity. This vision was, from 1891, at the origin of the creation of outstations of the Pasteur Institute all over the world, especially in regions affected by viral, parasitic or bacterial diseases. Pasteur's era was, of course, that of the colonization of the world, based on the idea of the "generosity" of the French Revolution, which implied that France brought about universal values, essential for all peoples. But the Pastorian vision, which was perceptible in the behavior of many of the physicians recruited by Pasteur to conduct research on diseases in distant countries, was significantly different and very original for the time: it did not have the idea of imposing a way of doing things, but on the contrary, assumed learning by doing [8]. These countries knew nothing of Western cultures and any creation of a local structure implied an anthropological vision in which even a rudimentary knowledge of the history of local civilizations was essential. This perception is clearly visible in the contribution of the pioneers of the extension of Pastorian thought, mainly in Asia. It may also be noted for our purposes that the nature of this anthropological context is particularly clear in the structure of local languages, in social codes and in the alteration of the world produced by the history of each society. This leads us to distinguish first of all two great classes of perception of the world, a Greco-Latin hypothesis-driven vision, based on hypothesis and deduction, and an Anglo-American data-driven vision, based on the collection of facts and empiricism, which form the core of Western civilizations. But Asia immediately opens up a third way of organizing thought to those who know how to observe it. It is the one found more particularly in China, and which deserves to be considered with attention. It is based on the pre-eminence of the role of context in all circumstances, as can be seen in the importance of emptiness in Chinese paintings, which contrasts with the fullness,

leaving no room for free interpretation, in Western paintings.

Taking into account the differences between the French vision and the vision of the people living in these distant countries was at the heart of Pasteur's motivation and that of the pioneers of what was to become the network of Pasteur Institutes. To do this, it was necessary to recruit people who were familiar with the reality of Asia and who knew microbes and diseases well. This was the case in 1890 with the young physician Albert Calmette who, having joined the Colonial Health Service, was assigned to the medical service of the battleship *La Triomphante*. He had travelled through the China Sea and made a stopover in Hong Kong and Pasteur proposed to him to found a laboratory in Saigon (in French Indochina) to prepare vaccines against rabies and smallpox. Here, it is easy to see the importance of the context, well understood by Calmette because, in order to select the producers of animal vaccines, he did not impose the use of animals used in France but chose local buffaloes as the best adapted. These animals, and others locally better adapted, were then chosen in other institutes in the Far East as a source of vaccine production.

This Pastorian way of taking into account local civilizations is particularly well illustrated in the case of China [8]. Because of France's participation in the military occupation of that country, the presence of French medicine there was important at the beginning of the 20th century, at a time when the idea of spreading the concepts of Pasteur's vision was at its peak. As early as 1906, two projects for the creation of a Pasteur Institute in China were developed. The first one proposed Peking as the site of creation, while the second one chose Chengdu, the capital of Sichuan. After many difficulties, Dr. Aimé-François Legendre, who had visited this province for a long time [9], created a Pasteur Institute in the latter city in 1908. Its activity began in 1911 with the arrival of its first director, Dr. Henri Jouveau-Dubreuil. This Institute remained active from 1911 to 1920, despite the difficult political and military situation, and then in a limited way until 1927. In addition to continuing Calmette's policy, and in order to use the local livestock, the Pastorian negotiated with local Muslim farmers, accommodating widely varying cultural perceptions and attitudes. The bulk of the work was preparing smallpox vaccines, with some 400,000

doses annually, and a very high success rate. Some equipment was also sent to Peking, but this did not result in the establishment of an institute in that city, despite the onset of a terrible epidemic of pulmonary plague, which reached Peking in 1911.

Much later a Pasteur Institute was established in Shanghai in a particularly unstable political context, and it ceased its activity at the time of the seizure of power by the new government in Peking in 1949. The Pastorian motivation did not disappear, however, but China remained without a Pasteur Institute. It was not until 2000, through a joint venture with the University of Hong Kong, that the Institut Pasteur renewed its historical ties with China, one of the most important places for the discovery of emerging diseases. To reiterate the Pastorian motivation, when I created with Kwok Yung Yuen the HKU-Pasteur Research Centre Ltd in Hong Kong at the beginning of 2000, we chose two famous quotes of Louis Pasteur translated into English to serve as epigraph to the website of the Centre:

Science does not make claim to any country, for knowledge is the heritage of humanity, the torch that lights up the world [10]

and, especially appropriate for the anniversary we are celebrating, an excerpt from Pasteur's jubilee speech of 1897:

Version française

Comme Louis Pasteur en son temps, et bien avant la terrible crise économique et politique que nous subissons aujourd'hui, nous, acteurs du monde académique, aurions dû trouver le moyen d'inciter le pouvoir politique à mettre en valeur la recherche spéculative. Cette activité humaine très originale est capitale pour l'avenir non seulement de notre pays mais du monde en général. Et celui dont nous honorons aujourd'hui la naissance n'avait pas hésité à l'oser et le faire avec insistance, rappelant pour cela les mots de Claude Bernard [1, p. 213] :

« On peut concourir à l'avancement des sciences par deux voies distinctes : 1° par l'impulsion des découvertes et

I invincibly believe that science and peace will triumph over ignorance and war, that peoples will unite not to destroy but to edify, and that the future will belong to those who will have done the most for suffering humanity [11].

A century after the first generalized world conflict, the world is again at a turning point. Let us hope that Pasteur's certainty will be strong enough to put an end to the reigning madness.

Conflicts of interest

The author has no conflict of interest to declare.

Acknowledgements

It is the Pastorian motivation that led me to attempt the return of Pastorian thought to China, and I wish to thank here all those who made it possible, in particular the pioneers, Bernard Esambert, James (Ziang Mien) Kung (now deceased), and Maxime Schwartz, and in Hong Kong, Patrick (Yiu Chung) Cheng, Shiu Kum Lam and Kwok Yung Yuen. The others are too numerous to be named here, but they will recognize themselves in the effort they made in the history of a structure that has now unfortunately been dismantled.

des idées nouvelles; 2° par la puissance des moyens de travail et de développement scientifique. Dans l'évolution des sciences, l'invention est sans contredit la partie essentielle. Toutefois, les idées nouvelles et les découvertes sont comme des graines : il ne suffit pas de leur donner naissance et de les semer; il faut encore les nourrir et les développer par la culture scientifique. Sans cela elles meurent ou bien elles émigrent, et alors on les voit prospérer et fructifier dans le sol fertile qu'elles ont trouvé loin du pays qui les a vues naître. »

Mais la façon qu'avait Pasteur de s'engager dans cette voie lui était originale et reste tout à fait nouvelle. Discutée à de nombreuses occasions, la vision pastoriennne de la recherche mérite toujours d'être rappelée. L'histoire souligne comment l'insatiable curiosité humaine a continûment accru notre savoir commun, et spécialement vite lorsque les savants-philosophes grecs ont créé la Science. On l'oublie souvent, cette invention n'est pas une voie solitaire, une tour d'ivoire, parce qu'elle est plongée dans la gestion collective du bien commun. C'est que la Science a été inventée au même endroit et en même temps que la Démocratie, la véritable démocratie, celle qu'on devrait nommer Démocratie de la Cité (soulignant le bon côté de la politique, puisque la *πόλις* est la cité grecque). Hélas, les temps modernes ont remplacé cette forme admirable du gouvernement collectif par la dérisoire dictature de l'individu, qui crée non la solidarité mais la compétition, l'ignorance érigée en principe, ainsi que son corollaire, le droit du plus fort. Or cette pseudo-démocratie contemporaine va de pair avec une altération profonde de l'idée de ce qu'est la Science : l'absence de tout critère délimitant ce qui est scientifiquement valide conduit tout droit à l'obscurantisme et à l'« anti-science » fondée sur l'idée grotesque que la connaissance est le résultat d'un vote, le plus souvent anonyme. L'apport proprement politique de Pasteur dans ce domaine a été de comprendre qu'il était non seulement possible mais encore souhaitable de placer la quête et la production de la connaissance pure dans un contexte où le politique avait son mot à dire, mais pas n'importe comment. Pour Pasteur, loin de ralentir les progrès du savoir, décider des voies les plus importantes à explorer à un moment donné pour des raisons économiques ou même politiques peut, et doit aider à produire le savoir conceptuel le plus profond.

1. De la recherche motivée par la curiosité aux applications de la recherche

C'est particulièrement vrai parce qu'en dehors de la mathématique, qui souvent se satisfait d'un papier et d'un crayon, la recherche qui produit notre savoir commun est fondée sur l'invention et l'usage de techniques particulièrement coûteuses. La Science est une activité sociale impossible à résumer simplement en invoquant un idéal qui serait celui de

la seule construction de modèles fondés sur une approche hypothético-déductive. Il faut en effet y ajouter le contexte socio-économique et les motivations psychologiques des chercheurs, sans oublier le contexte évolutif qui provient de la nature même de l'être humain, animal social qui hérite d'un passé très riche, dont un caractère incontournable est l'exploration de l'environnement. Explorer est un trait constant partagé par tous les organismes vivants. Parmi les différentes modes de ces explorations, la réflexivité de la pensée humaine conduit la plupart d'entre nous à chercher à comprendre les origines de toutes choses. C'est ainsi que, chimiste passionné par les questions ouvertes, Pasteur est connu pour sa contribution à la question des origines de la vie.

Mais pour ce qui nous occupe ici, il est aussi et surtout loué par le grand public pour son rôle dans l'identification des causes microbiennes des maladies et, bien sûr, sa contribution à l'hygiène et à la vaccination. Comment Pasteur est-il passé à l'observation de la dissymétrie du vivant à l'étude des maladies ? C'est l'observation de la contamination inévitable des environnements naturels par des « germes » qui fait la transition. Mais plutôt que de mettre la question de l'implication politique de la recherche à l'écart, Pasteur a, très explicitement, insisté sur l'idée que pour parvenir à des applications utiles, il fallait d'abord et avant tout appliquer quelque chose découvert par ailleurs dans une quête purement intellectuelle et en quelque sorte « gratuite ». La phrase :

« Non, mille fois non, il n'existe pas une catégorie de sciences auxquelles on puisse donner le nom de sciences appliquées. Il y a la Science et les applications de la Science, liées entre elles comme le fruit à l'arbre qui l'a porté » [1, p. 215]

est continuellement ressassée, mais il est rare que les modes et les conséquences de ce qu'elle signifie, et en particulier sa mise en pratique dans le temps soient soulignées [2]. L'exploration du monde est toujours motivée. L'univers est infiniment varié et le nombre des questions que nous pouvons nous poser à son propos est infini. Il nous faut donc faire des choix pour explorer ceci ou cela. La Science, productrice de modèles du monde, ne saurait diriger nos choix. C'est là qu'intervient la motivation. Et si l'on remonte

à l'origine de la Science on remarque facilement que ce sont des motivations très courantes qui l'ont précédée : entre arpenteur et mathématicien-géomètre il n'y a qu'une différence de degré. Mais on parvient vite à l'idée que trouver une approche générique à une pratique courante, mais instanciée dans des données variées toujours spécifiques, sera finalement plus efficace que de recommencer à chaque fois la procédure. L'abstraction géométrique permet vite d'améliorer l'arpentage, mais, et c'est en un sens extraordinaire, elle ouvre aussitôt une infinité de domaines abstraits dont personne ne pouvait imaginer la profondeur. Les frontières sont restées floues entre la science (ἐπιστήμη) et la technique (τέχνη) jusqu'au moment où la pensée grecque a compris l'intérêt de produire des modèles, justifiés par une rationalité propre fondée sur les règles de la logique et du calcul, confrontés avec le monde dans sa réalité concrète. La Science a alors découvert que comprendre le monde peut se réaliser parce qu'il est facile d'explorer un modèle alors que ce n'est pas le cas du monde lui-même. Le progrès consiste alors à confronter ces modèles avec la réalité et de poursuivre de façon récursive la procédure, en se fondant sur la recherche de l'*inadéquation* entre le modèle et la réalité.

Dans ce contexte il n'y avait pas, à l'origine, l'idée d'une Science pour la Science, comme l'Art a été l'Art pour l'Art. Aussi le dialogue entre science et techniques, entre création d'un savoir nouveau, et applications de ce savoir, est-il réapparu régulièrement sur le devant de la scène. Cela a bientôt conduit à l'excès, typique des discours politiques, qui permet de croire qu'il suffit de vouloir pour trouver et inventer : « Nous voulons des chercheurs qui trouvent ». Il s'agit d'une phrase oxymore puisque l'idée même de découverte est qu'on fait apparaître quelque chose qui n'existe pas, comme le magicien fait sortir le lapin du chapeau. Même s'il existe une véritable méthode scientifique, la logique de la découverte est une illusion, malgré le discours poppérien [3] : il faut d'abord chercher pour trouver (même par accident, cette « *serendipity* » des anglais qui nomment ainsi la découverte accidentelle). Mais, à nouveau invoquons Pasteur :

« *CÆrsted, physicien suédois, tenait en mains un fil de cuivre, réuni par ses extrémités aux deux pôles d'une pile de Volta. Sur la table se trouvait une*

aiguille aimantée placée sur un pivot, et il vit tout à coup (par hasard, direz-vous peut-être, mais souvenez vous que dans les champs de l'observation le hasard ne favorise que les esprits préparés), il vit tout à coup l'aiguille se mouvoir et prendre une position très différente de celle que lui assigne le magnétisme terrestre. Un fil traversé par un courant électrique fait dévier de sa position une aiguille aimantée : voilà, messieurs, la naissance du télégraphe actuel. » [4]

Cela suppose qu'on ait gardé dans le fond de son esprit l'idée de chercher ce qu'on vient de rencontrer par hasard, et cela s'apparente au principe qui systématisé la chose, l'« *abduction* » systématisée de nos jours par l'intelligence artificielle : face à une forêt la nuit, vous tirez dans le noir, et si vous entendez un cri, alors cela vous donne le moyen de commencer votre quête; sinon, vous réessayez. On ne sait que produire les conditions de la découverte et c'est d'ailleurs cela que devrait favoriser la formation universitaire [5].

2. Recherche motivée par les applications

Il convient alors de motiver les raisons des choix faits, ne serait-ce qu'en raison des énormes investissements humains, financiers et temporels que cela suppose. Par « *recherche motivée* », sans plus préciser, nous retenons ici la chose suivante, fondée sur une réflexion des mathématiciens Jean-Pierre Aubin et Georges Haddad, et destinée à opérer une discrimination dans les choix politiques à faire pour développer la Science [7]. Chacun d'entre nous a des intérêts particuliers, et il n'est pas absurde de prendre comme motivation, en amont de la recherche spéculative, les intérêts manifestés par un grand nombre de nos concitoyens. Nous l'avons rappelé, les questions d'origine sont fréquemment posées et suscitent un très grand intérêt : cela explique l'immense intérêt pour le travail initial de Pasteur (on trouve à ce jour près de vingt millions de pages avec le moteur de recherche Google à propos de l'origine de la vie, en français, par exemple, et 75 millions en anglais !). Mais il y a des quantités de problèmes concrets qui ne peuvent trouver de solution qu'après une réflexion très approfondie en amont. Dans son livre *Pasteur's quadrant*, Donald Stokes a mis en lumière,

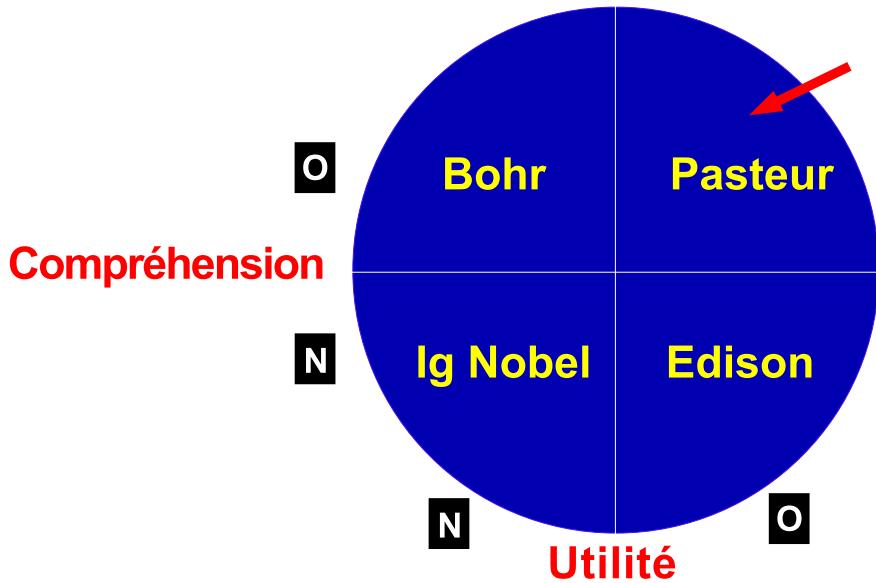


FIGURE 1. Le « quadrant de Pasteur » revisité. Stokes remarque que si l'on met en parallèle la science et les usages pratiques désirés on trouve des personnes qui s'intéressent ou bien à la connaissance pour la connaissance (comprendre l'infiniment grand et l'infiniment petit en particulier), ou bien au contraire des personnes qui cherchent à répondre à une demande commune sans se soucier des raisons qui permettent à la technique ou aux produits qu'ils inventent de fonctionner [2]. Niels Bohr veut comprendre l'intimité des atomes et il ne s'intéresse nullement aux applications de ce qu'il découvre. Au contraire Thomas Edison, devant les difficultés de l'éclairage à la chandelle, invente, alimenté à l'électricité, le filament chauffant qui éclaire. Il existe une alternative à chacune de ces façons de faire, et c'est Pasteur qui l'illustre. Pourquoi ne pas choisir la demande sociale comme prétexte à comprendre l'intimité du Réel ? C'est le « quadrant Pasteur » du diagramme. Mais bien sûr, au-delà de la vision de Stokes, il y a encore une quatrième catégorie, qui illustre le dernier quadrant de la question utilité / connaissance. Certains travaux, malheureusement toujours très nombreux, n'ont ni d'intérêt conceptuel, ni d'applications. Ce sont ces travaux qui sont chaque année illustrés par le prix Ig-Noble (« ignoble ») et qui, au-delà de faire rire, devraient interroger sur la nature de bien des travaux scientifiques [6].

en 1997 [2], que l'identification de ces questions conduit à une façon originale de développer la recherche : c'est en voulant résoudre un problème dont les applications sont particulièrement utiles qu'on motive naturellement la création de nouveaux domaines d'exploration conceptuelle. C'est très exactement ce qu'avait compris Pasteur (Figure 1).

À la différence d'Edison, par exemple, qui n'inventait que des technologies d'intérêt pratique immédiat, la façon de faire de Pasteur était de partir de la motivation sociale (les brasseries et les chais de vinification pour les maladies de la bière et du vin, les magnaneries de la vallée du Rhône pour celles du ver à soie,...) pour développer une recherche spéci-

lative originale, spécialement celle qui est à la base de la microbiologie moderne. Avec cette façon de faire, il n'y a aucune opposition entre la construction d'une recherche motivée par l'intérêt social, et la création de la connaissance pure, mais au contraire une complémentarité particulièrement riche et fructueuse dans ses conséquences et facilement justifiable auprès du public général.

3. Recherche motivée par les applications en santé publique à l'étranger

Une motivation généralement partagée est celle de la santé, mais le rôle célèbre de Pasteur dans le

domaine de l'hygiène et de la lutte contre les micro-organismes pathogènes, largement débattu, ne sera pas développé ici. Nous ne retiendrons que l'aspect politique de ces recherches, soulignant l'idée particulièrement chère à Pasteur que la Science est un bien commun universel, parce que cela met en évidence la fonction conceptuelle centrale de cette activité humaine. Cette vision a été, à partir de 1891, à l'origine de la création d'antennes de l'Institut Pasteur partout dans le monde, en particulier dans les régions affectées par des maladies virales, parasitaires ou bactériennes. L'époque de Pasteur était, bien sûr, celle de la colonisation du monde, à partir de l'idée issue de la « générosité » de la Révolution qui impliquait que la France apportait des valeurs universelles, essentielles pour tous les peuples. Mais la vision pastoriennne, bien visible dans le comportement de bien des médecins recrutés par Pasteur pour animer la recherche sur les maladies dans les pays lointains, était sensiblement différente et très originale pour l'époque : elle n'avait pas l'idée d'imposer une façon de faire, mais au contraire supposait apprendre. Ces pays ignoraient tout de la culture occidentale et toute création d'une structure locale supposait une vision anthropologique où la connaissance, même rudimentaire, de l'histoire des civilisations locales était essentielle. Cette perception est bien visible dans la contribution des pionniers de l'extension de la pensée pastoriennne, en Asie principalement [8]. On peut aussi noter pour notre propos que la nature de ce contexte anthropologique est particulièrement claire dans la structure des langues locales, dans les codes sociaux et dans l'altération du monde produite par l'histoire de chaque société. Cela conduit à distinguer d'abord deux grandes classes de perception du monde, une vision gréco-latine, fondée sur l'hypothèse et la déduction et une vision anglo-américaine, fondée sur la collection des faits et l'empirisme, qui forment le cœur des civilisations occidentales. Mais l'Asie ouvre immédiatement à qui sait l'observer une troisième façon d'organiser la pensée. C'est celle qu'on trouve plus particulièrement en Chine, et qui mérite d'être considérée avec attention. Elle est fondée sur la prééminence du rôle du contexte en toutes circonstances, comme on le voit dans l'importance du vide dans les peintures chinoises, qui contraste avec le plein, ne laissant aucune place à l'interprétation libre, dans les peintures occidentales.

Prendre en compte les différences entre la vision française et la vision des personnes vivant dans ces pays lointains était au cœur de la motivation de Pasteur et des pionniers de ce qui devait devenir le réseau des Instituts Pasteur. Pour cela il fallait recruter des personnes au fait de la réalité de l'Asie et connaissant bien les microbes et les maladies. Ce fut le cas en 1890 du jeune aide-médecin Albert Calmette qui, entré dans le corps de santé colonial, avait été affecté au service médical du cuirassé *La Triomphante*. Il avait ainsi parcouru la mer de Chine et fait escale à Hong-Kong et Pasteur lui proposa de fonder à Saigon (en Indochine française) un laboratoire préparant les vaccins contre la rage et la variole. Ici, il est facile de constater l'importance du contexte, bien compris par Calmette car, pour sélectionner les producteurs de vaccins animaux, il n'impose pas l'usage des animaux utilisés en France mais choisit les buffles locaux comme les mieux adaptés. Ces animaux, et d'autres localement mieux adaptés, ont ensuite été choisis dans les autres instituts en Extrême-Orient comme source de production de vaccins.

Cette façon pastoriennne de prendre en compte les civilisations locales est particulièrement bien illustrée dans le cas de la Chine [9]. En raison de la participation de la France à l'occupation militaire de ce pays, la présence de la médecine française y était importante au début du XX^e siècle, à une époque où l'idée de diffuser les concepts de la vision de Pasteur était à son apogée. Dès 1906, deux projets de création d'un Institut Pasteur en Chine ont été élaborés. Un premier propose Pékin comme site de création, tandis que le second choisit Chengdu, la capitale du Sichuan. Après bien des difficultés, le docteur Aimé-François Legendre qui avait longuement visité cette province [9], crée un Institut Pasteur dans cette dernière ville en 1908. Son activité débute en 1911 avec l'arrivée de son premier directeur, le Dr Henri Jouveau-Dubreuil. Cet Institut restera actif de 1911 à 1920, malgré la situation politique et militaire difficile, puis de façon limitée jusqu'en 1927. Outre la poursuite de la politique de Calmette, et pour utiliser le cheptel local, les Pastoriens négocient avec les agriculteurs musulmans locaux, en s'accommodant de perceptions et d'attitudes culturelles très variées. L'essentiel du travail consistait à préparer des vaccins contre la variole, avec quelque 400 000 doses annuelles, et un pourcentage de réussite très élevé.

Certains équipements ont également été envoyés à Pékin, mais cela n'a pas abouti à la création d'un institut dans cette ville, malgré le début d'une terrible épidémie de peste pulmonaire, qui a atteint Pékin en 1911.

Bien plus tard un Institut Pasteur est créé à Shanghai dans un contexte politique particulièrement instable, et il cesse son activité au moment de la prise de pouvoir par le nouveau gouvernement de Pékin en 1949. La motivation pastoriennne ne disparaît pas, cependant, mais la Chine reste longtemps sans un Institut Pasteur. Ce n'est qu'en 2000 au travers de la création d'une co-entreprise avec l'Université de Hong Kong, que l'Institut Pasteur renoue ses liens historiques avec la Chine, l'un des lieux les plus importants pour la découverte des maladies émergentes. Et pour reprendre la motivation Pastoriennne, lorsque j'ai créé avec Kwok Yung Yuen le HKU-Pasteur Research Centre Ltd à Hong Kong au début de l'année 2000 nous avons choisi deux citations célèbres de Louis Pasteur traduites en anglais pour servir d'épigraphie au site internet du Centre :

La science n'a pas de patrie, parce que le savoir est le patrimoine de l'humanité, le flambeau qui éclaire le monde [10]

et, spécialement approprié pour l'anniversaire que nous célébrons, un extrait du discours de Pasteur lors de son jubilé de 1897 :

[Je crois] invinciblement que la Science et la paix triompheront de l'ignorance et de la guerre, que les peuples s'entendront, non pour détruire, mais pour édifier, et que l'avenir appartiendra à ceux qui auront le plus fait pour l'humanité souffrante. [11]

Un siècle après le premier conflit mondial généralisé le monde est à nouveau à un tournant. Souhaitons que la certitude de Pasteur soit assez forte pour mettre fin à la folie régnante.

Conflit d'intérêt

L'auteur n'a aucun conflit d'intérêt à déclarer.

Remerciements

C'est la motivation pastoriennne qui m'a conduit à tenter le retour de la pensée pastoriennne en Chine, et je souhaite remercier ici tous ceux qui l'ont permis, en particulier les pionniers, Bernard Esambert, James (Ziang Mien) Kung (aujourd'hui disparu), et Maxime Schwartz, et à Hong Kong, Patrick (Yiu Chung) Cheng, Shiu Kum Lam et Kwok Yung Yuen. Les autres sont trop nombreux pour être nommés ici se reconnaîtront dans l'effort qu'ils ont fourni dans l'histoire d'une structure aujourd'hui malheureusement démantelée.

References

- [1] L. Pasteur, "Pourquoi la France n'a pas trouvé d'hommes supérieurs au moment du péril", in *Œuvres complètes. Tome VII : Mélanges scientifiques et littéraires* (L. Pasteur Vallery-Radot, ed.), Masson, Paris, 1939, p. 673.
- [2] D. E. Stokes, *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Institution Press, Washington, DC, USA, 1997.
- [3] K. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, Basic Books, New York, NY, USA, 1959.
- [4] L. Pasteur, "Discours prononcé à Douai, le 7 décembre 1854, à l'occasion de l'installation solennelle de la Faculté des lettres de Douai et de la Faculté des sciences de Lille", in *Œuvres complètes. Tome VII : Mélanges scientifiques et littéraires* (L. Pasteur Vallery-Radot, ed.), Masson, Paris, 1939, p. 131-132.
- [5] A. Danchin, C. Ouzounis, T. Tokuyasu, J.-D. Zucker, "No wisdom in the crowd: genome annotation in the era of big data—current status and future prospects", *Microb. Biotechnol.* **11** (2018), p. 588-605.
- [6] A. A. Skolnick, "Is it Ig Nobler for science to suffer the slings & arrows of outrageous foolery?", *JAMA* **279** (1998), p. 979-981.
- [7] J.-P. Aubin, G. Haddad, "L'aventure des savoirs dans la vie académique de ce siècle", in *UNESCO, Conférence mondiale sur l'enseignement supérieur*, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, Paris, France, 2009.
- [8] C.-L. Liu, "Relocating Pastorian medicine: accommodation and acclimatization of Pastorian practices against smallpox at the Pasteur Institute of Chengdu, China, 1908–1927", *Sci. Context* **30** (2017), p. 33-59.
- [9] A.-F. Legendre, *Le far-west chinois : deux années au Setchouen*, PLON, Paris, France, 1905.
- [10] L. Pasteur, "Toast porté le 12 septembre 1876 au banquet du congrès saricole international de Milan", in *Œuvres complètes. Tome VII : Mélanges scientifiques et littéraires* (L. Pasteur Vallery-Radot, ed.), Masson, Paris, 1939, p. 309.
- [11] L. Pasteur, "Discours de M. Pasteur lu par son fils", in *Jubilé de M. Pasteur (27 décembre 1892)*, Gauthier-Villars et Fils, Paris, France, 1893, p. 25.