



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Et le code s'est fait chair

A propos des mythes
et des techniques biologiques

Michel TIBON-CORNILLOT

*And the code became
flesh. Myths and
biological techniques*

Key-words:

*traditional and modern
techniques, organisms,
machines, autonomy,
genetic engineering,
biotechnology*

Et le code s'est
fait chair.

A propos des mythes
et des techniques
biologiques

Mots-clés:

*techniques traditionnelles
et contemporaines,
organismes,
machines, autonomie,
génie génétique.*

Summary – One of the fundamental historical mutations of the history of techniques is its interconnection with that of modern science barely 500 years ago. Traditional techniques disappeared or were entirely revolutionized; the traditional technical crafts were obliged to take part in a movement whose logic was based on, among other things, specialized tasks and an unlimited political and economic expansion.

*These changes are the cause of an erroneous but dominant interpretation, especially in the French academic world, which holds modern techniques to be applications of scientific theories; these techniques are thus confused with what we call the applied sciences or with technology, the suffix *logos* implying scientific rational. Techniques are at best thought of as "servants of science" and at worst, they are merely the application of science.*

It is, however, possible to give another interpretation to technical know-how which preserves its individuality without ignoring its interconnection with modern scientific methods and conceptions. This point of view sheds a new light capable of illuminating the position of modern industrial societies so profoundly marked by the development of these new allies, science and techniques.

These reflections lead to two fundamental questions. The first regards the cultural origins of our ignorance regarding the individuality of techniques. The second is closely related: if we accept the evidence suggesting the autonomy of techniques, how to describe this individuality? The reflection on the individuality of techniques thus brings forth another, often ignored aspect, much deeper than often suspected: the close relation between techniques and living organisms.

Résumé – L'une des mutations fondamentales de l'histoire des techniques est marquée par leur interconnexion, il y a cinq cents ans à peine, avec les sciences modernes. Les techniques traditionnelles ou bien ont disparu, ou bien ont été totalement remaniées. L'ensemble des procédures techniques traditionnelles ont dû s'inscrire dans des logiques complètement étrangères portant, entre autres, sur la parcellarisation des tâches et la recherche effrénée d'une expansion économique ou politique illimitée.

Ces bouleversements sont à l'origine d'une erreur d'interprétation devenue dominante, particulièrement dans la tradition universitaire française, qui consiste à interpréter les techniques contemporaines comme un champ d'application des théories scientifiques. Ces techniques se confondent alors avec ce que l'on appelle les « sciences appliquées » ou encore, les « technologies », le suffixe *logos* renvoyant à la rationalité scientifique. Les techniques et leurs objets sont dans le meilleur des cas les « servantes des sciences » ; dans le pire, elles n'existent même plus et ne forment qu'une sorte de champ d'application des sciences modernes.

Il est pourtant possible de proposer une interprétation des savoir-faire techniques qui préserve leur autonomie sans pour autant négliger l'interconnexion des techniques modernes avec les sciences, leurs méthodes et leurs conceptions. Cette lecture ouvre un nouveau champ d'analyses capables d'éclairer la situation contemporaine des sociétés industrielles marquées si profondément par le développement de l'ensemble mixte sciences et technique. Ces quelques remarques conduisent à deux interrogations fondamentales. La première concerne la description des origines culturelles de cet aveuglement concernant la spécificité des techniques. La seconde lui est étroitement liée : si l'on accepte l'évidence d'une autonomie des techniques, comment entendre, dès lors, la spécificité qui est la leur ?

La réflexion sur l'autonomie des techniques fait alors surgir un autre aspect trop souvent méconnu : l'étroite parenté, sans doute bien plus profonde qu'on ne le soupçonnait, entre les techniques et les organismes vivants.

* EHESS, 54, Bd Raspail, 75006 Paris

E-mail: tiboncor@ehess.fr

RÉCITS MYTHIQUES ET SILENCE DES PHILOSOPHES⁽¹⁾

En cette fin de siècle, l'actualité du mythe s'impose avec insistance, surtout dans le contexte des nouvelles maîtrises obtenues par les techniques biologiques contemporaines qui ouvrent des horizons insoupçonnés. Cet appel au récit mythique a cependant une autre source : le silence des discours rationnels, qu'ils soient à caractère philosophique ou relevant des sciences « molles »⁽²⁾ dites « humaines ». Le discours dominant à propos des techniques biologiques contemporaines, particulièrement dans la tradition française, n'est pas d'essence philosophique ; il relève encore moins des sciences sociales. Qu'on s'en désole ou s'en réjouisse, l'expression linguistique qui les exprime est le récit mythique, en-deçà (ou au-delà) de l'ordre des discours rationnels et ce constat n'est en aucune manière surprenant si l'on veut bien se rappeler quelques points.

Mythe, cinéma et techniques biologiques : l'exemple de *Blade Runner*

Dès sa sortie en France, le film *Blade Runner*⁽³⁾ fut classé par les critiques parmi les films de série B : pour les adolescents et les incultes. Il disparut rapidement des affiches...pour y revenir quelques années après et ne plus les quitter depuis plus de dix ans. Ce film est devenu en effet l'un des grands classiques du cinéma et son succès croissant mérite un peu d'attention. Le scénario présente une intrigue qui se déroule au début du XXI^e siècle, dans un contexte dominé par une série de découvertes en génétique et en robotique faites dans les laboratoires de la multinationale Tyrell Corporation. Celle-ci fabrique et met sur le marché des « répliquants » plus forts, plus intelligents que les hominiens et d'autant plus difficiles à repérer que la nouvelle génération est dotée d'un type de mémoire qui lui fournit des pseudo-souvenirs affectifs et lui ouvre ainsi

⁽¹⁾ Ce travail reprend des éléments d'un article paru dans la revue *Quaderni* n° 26, été 1995.

⁽²⁾ Nous reprenons la distinction classique entre les sciences de la nature (ou sciences dures) et les sciences sociales appelées aussi sciences humaines (ou sciences molles). Que le modèle rationnel des sciences de la nature forme l'horizon des sciences sociales, cela est assez évident ; la mollesse dont il est question ne renvoie pas nécessairement à cette ambition mais sûrement aux pratiques du milieu qui tente de la mettre en œuvre.

⁽³⁾ Le scénario était tiré du roman de Philip K. Dick *Do androids dream of electric sheep ?* (ouvrage paru en 1968 et traduit plusieurs fois en français dont une fois sous le titre *Blade Runner* aux éditions Champ Libre, Paris, 1976). Le réalisateur en était Ridley Scott et l'acteur principal, Harrison Ford.

la voie des sentiments et des désirs. Pour toutes ces raisons, les répliquants sont interdits de séjour sur terre, condamnés à travailler dans les colonies spatiales. Par mesure de sécurité, leur durée de vie, programmée dès leur fabrication, ne peut dépasser six ans. C'est dans ce contexte que se met en place la trame du récit rapporté par ce film (qu'on se gardera de dévoiler).

Ce film ne se situe pas dans le domaine de l'exotisme extra-terrestre. En effet le scénario n'est que fort peu décalé dans le temps et les intrigues présentées ne relèvent pas de la fiction spectaculaire. Tout se joue dans le contexte d'une inquiétante étrangeté⁽⁴⁾ au sens où l'entend E.T.A. Hoffmann dans son conte *L'homme au sable* (1968) : cette situation créée par la présence d'entités dont on ne peut lire l'identité, des êtres vivants que l'on prend pour des automates, des automates qui passent pour des hommes. *Blade Runner* n'est pas seulement un film de science-fiction ; il incite le spectateur à comprendre une histoire qui traite d'une question actuelle par l'appel à des émotions dont les racines plongent profondément dans le territoire des récits mythiques. La première fonction du mythe dans ses rapports aux pratiques techniques apparaît alors clairement : elle réside dans sa capacité à les exprimer linguistiquement en leur attribuant des enjeux stratégiques. C'est précisément cette fonction que le mythe actualise à propos des techniques biologiques contemporaines.

Il existe de nombreuses définitions du mythe qui renvoient à des domaines fort différents, ethnologie, psychanalyse, linguistique, mais on s'en tiendra au constat d'un connaisseur : « le mythe fait partie intégrante de la langue ; c'est par la parole qu'on le connaît, il relève du discours » (Levi-Strauss, 1958, p. 230). Faut-il ajouter que le mythe est simultanément dans le langage et au-delà : « en distinguant entre la langue et la parole, Saussure a montré que le langage offrait deux aspects complémentaires, l'un structural, l'autre statistique ; la langue appartient au domaine du temps réversible, et la parole à celui d'un temps irréversible... Or le mythe se définit aussi par un système temporel qui combine les propriétés des deux autres. Un mythe se rapporte toujours à des événements passés : « avant la création du monde », ou « pendant les premiers âges », en tout cas « il y a longtemps ». Mais la valeur intrinsèque attribuée au mythe provient de ce que ces événements, censés se dérouler à un moment du temps, forment aussi une structure permanente. Celle-ci se rapporte simultanément au passé, au présent et au futur. » (Levi-Strauss, 1958, pp. 230 et 231).

Il est difficile de saisir tous les fils interprétatifs que l'on peut dérouler à partir d'un récit mythique dans la mesure où celui-ci rassemble

⁽⁴⁾ Sur le thème de l'inquiétante étrangeté (*das Unheimliche*), nous renvoyons à notre article paru dans la revue *Topique* n° 54 de 1994, pp. 315-338, sous le titre « Automates et chimères – Le prophète et l'analyste : pour une relecture hoffmannienne de Freud ».

dans un système dynamique des symboles, des archétypes, des schèmes qu'il présente dans le fil d'un discours qui est langage. Mais *« la substance du mythe ne se trouve ni dans le style, ni dans le mode de narration, ni dans la syntaxe ; elle est dans l'histoire qui y est racontée. Le mythe est langage mais un langage qui travaille à un niveau très élevé, et où le sens parvient, si l'on peut dire, à décoller du fondement linguistique sur lequel il a commencé par rouler »* (Levi-Strauss, 1958, p. 232). Le film *Blade Runner* se situe au centre de la trame qui constitue le récit mythique et remplit son double rôle, décrire l'actualité la plus brûlante et renvoyer à un passé fondamental.

Mythes et techniques traditionnelles : quelques constantes

Les mythes d'origine des techniques révèlent une première « vérité » sur laquelle la paléontologie s'est fondée. L'ancienneté des techniques est considérable (comment oublier que les premiers outils sont datés de cinq millions d'années). La diversité de leurs manifestations est si grande que toute simplification à leur égard doit être prise avec la plus grande circonspection. La même remarque peut du reste être faite à propos des récits mythiques au sein des sociétés traditionnelles. On retrouve cependant quelques constantes communes aux représentations de nombreuses cultures à propos de la naissance et du statut des objets techniques qui jouent un rôle majeur dans ces mythologies élaborées par les sociétés traditionnelles, tout particulièrement à propos de l'origine des objets.

Ils sont tout d'abord la marque de la puissance de l'homme sur son environnement, puissance fondée le plus souvent sur la ruse (Détienne et Vernant, 1974). Cette puissance technique des hommes doit du reste être lue dans son ambivalence. Ainsi par exemple, les forgerons, les alchimistes, les potiers sont à la fois ceux qui révèlent une puissance, mais aussi ceux dont le groupe doit se méfier (c'est pourquoi les forges et les forgerons sont installés à la périphérie des villes et des villages). Leur puissance, en fait, ne leur appartient pas ; elle est plutôt celle du ou des Dieux dont ils détiennent une parcelle obtenue soit par un don divin (celle que reçoit Adam, image du Dieu) soit grâce à un cambriolage (le feu volé par Prométhée). Cette ambivalence révèle ainsi quelque chose de plus profond concernant l'essence des techniques : le processus par lequel les hommes et les objets techniques sont apparentés. C'est en effet la puissance du divin que les hommes mettent en cause dans leurs activités techniques. Ils expriment ainsi à la fois leur participation à ce divin, mais aussi leur dépendance totale à son ordre, dépendance que manifestent tous les mythes démiurgiques, tous les récits religieux de création qui livrent le même secret : l'homme est lui-même le résultat d'un procès de fabrication. L'acte de fabrication technique s'enracine en dernier lieu dans le geste divin qui fabriqua préalablement l'ancêtre de tous les

techniciens. Telle est peut-être la parenté la plus profonde entre l'homme (par extension, tous les êtres vivants) avec les objets techniques : ces deux lignées sont le produit d'un acte de fabrication. Cette parenté ne s'arrête pas là : de nombreuses mythologies insistent sur le fait que le vivant, le vivant humain particulièrement, est le modèle initial de tout objet technique et élargissent donc les propriétés des êtres vivants aux objets techniques eux-mêmes. Dans certaines conditions, oubli orgueilleux par l'homme des origines surhumaines de ses pouvoirs techniques, imprudences liées à des transgressions de tabous, les objets techniques s'animent et deviennent vivants. C'est cette intuition que l'on retrouve dans le thème juif du Golem (Meyrinck, 1969). Le Golem en effet est cette figure d'argile qu'anime un alphabet cabalistique, dont la force inouïe et non contrôlée se retourne contre ses créateurs. L'importance du thème du Golem tient dans le fait qu'une correspondance s'établit entre les lettres, leur combinatoire et l'organisation de la matière contenant en quelque sorte en germe ce que le langage codé animera en elle.

Les mythes traditionnels situent donc les techniques, les gestes techniques du fabricant, les objets techniques eux-mêmes au centre stratégique de leur récit, celui de l'origine des hommes et du monde. « *L'homo technicus* » fut d'abord lui-même être fabriqué par le ou les dieux, et le pouvoir qu'il possède sur le monde est une étincelle d'un pouvoir plus grand qui le fit naître. Le pouvoir divin qui fit surgir l'homme et le pouvoir humain qui se manifeste dans les créations techniques sont de même nature : la fabrication d'objets techniques est la marque la plus évidente du divin en l'homme et révèle son action démiurgique de même que les objets techniques peuvent à tout moment manifester leur ressemblance à leur modèle ultime, l'organisme humain, *a fortiori* tous les organismes vivants. Par ces quelques remarques à propos de l'origine mythique des objets et gestes techniques, il devient possible de comprendre l'un des grands messages des différentes mythologies à propos des réalisations techniques : artifices et organismes vivants sont profondément apparentés : non seulement les techniques peuvent simuler le vivant mais elles peuvent s'animer. Ces conclusions appellent une remarque : il n'est pas possible dans ce contexte de marquer des frontières nettes entre le vivant et le non-vivant. De nombreux récits le montrent, depuis la vitalisation des objets du monde que manifeste bien l'animisme africain, jusqu'au retour vers l'inerte de nombreux êtres vivants : titans devenus montagnes, demi-dieux devenus arbres, etc. Ces brefs rappels expriment bien la double dimension que les techniques révèlent aux hommes des sociétés traditionnelles : elles relèvent en effet d'une approche autonome en tant qu'activité culturelle particulièrement riche et elles expriment aussi une dimension surhumaine à l'œuvre dans le monde et dans l'homme. La pensée traditionnelle des techniques insiste donc sur la dimension transcendante des techniques et les enracine au cœur du divin. En ce sens, les techniques sont le destin de l'homme et le discours mythique en parle interminablement dans une connivence qui non seulement s'est mainte-

nue jusqu'à maintenant mais s'est renforcée de façon remarquable. Comment faut-il comprendre cette réactualisation si puissante des discours mythiques à propos des techniques ? Il faut pour cela revenir aux discours philosophiques et à la source de leurs évidentes faiblesses.

L'arrogance philosophique : le rejet des savoir-faire techniques

Dès sa naissance à Athènes, la pensée philosophique se fonde en tant que « *θεωρία* » qui s'oppose aux pratiques techniques, celles des artisans ; cette opposition recouvre aussi celle du libéral et du servile : « *Chez Aristote, la hiérarchie du libéral et du servile, de la théorie et de la politique, de la nature et de l'art est parallèle à une hiérarchie économique et politique, la hiérarchie dans la cité, de l'homme libre et des esclaves* » (Ganguilhem, 1980). Cette vision du monde et des processus de connaissance ne va pas précisément dans le sens d'une autonomie des techniques, mais bien plutôt de leur subordination sans qu'il soit du reste possible de savoir si « *c'est la conception grecque de la dignité de la science qui engendre le mépris de la technique et par suite l'indigence des inventeurs... ou bien l'absence d'inventions techniques qui se traduit par la conception de l'éminente dignité d'une science purement spéculative, d'un savoir contemplatif et désintéressé ?* » (Ganguilhem, 1980). Le contexte initial dans lequel se met en place la pensée philosophique n'attribue pas de valeur spécifique aux savoir-faire techniques ; il ne faut donc pas s'étonner de l'absence d'une pensée philosophique cohérente à propos des techniques. Peut-être faut-il localiser encore plus profondément les origines de cette opacité du fait technique au travail philosophique. Celui-ci dès l'origine s'est enraciné dans le langage à l'intersection du signe, de l'être et de la valeur. L'homme est le vivant parlant, c'est ainsi que le définit le philosophe. Ainsi s'affirme dès le début le primat de la vision et de la langue. Mais ce ne sont pas là précisément les milieux d'expression de l'activité technique. Celle-ci est d'abord opératoire, active, de l'ordre du savoir-faire ; elle n'est pas non plus liée au langage car il s'agit bien souvent de pratiques silencieuses dont l'apprentissage se fait fréquemment par l'imitation et non pas forcément par un enseignement parlé ou écrit. On peut ainsi opposer point par point les principaux caractères de la philosophie avec ceux caractéristiques des techniques⁽⁵⁾. **Il existe entre le fait technique et la tradition philosophique une étrangeté qui s'est maintenue.** Elle a des causes profondes et c'est pourquoi la formation d'une philosophie des techniques est en même temps une question centrale posée à la philosophie.

Un tel contexte, si rapidement évoqué, permet de mieux comprendre la vivacité des préjugés encore présents dans certains milieux scienti-

⁽⁵⁾ Ces thèmes sont développés par M. Dérienne et J.-P. Vernant dans leur ouvrage « *Les ruses de l'intelligence, la mètis des grecs* », 1978.

fiques à l'égard de l'activité technique. Les sciences modernes sont restées longtemps très proches du projet logo-théorique de la philosophie : elles sont nées en elle et leurs cheminements furent longtemps les mêmes. Comment s'étonner d'y retrouver une position analogue : « *les techniques, servantes des sciences dans le meilleur des cas, réduites à la technologie dans le pire* ». Il ne s'agit pas seulement d'un phénomène superficiel mais d'une situation « schizoïde », très développée en France qui, d'une part, dévalue de bien des manières les savoir-faire techniques aussi bien dans l'organisation des enseignements que dans l'entreprise, et plus généralement dans les discours dominants qui réduisent les techniques au rôle de sciences appliquées ou de technologies⁽⁶⁾ et d'autre part, reconnaît leur omniprésence et leur importance.

Cette interprétation des rapports entre les techniques⁽⁷⁾ et les sciences qui fait des premières les servantes des sciences, n'est plus acceptable car elle ne résiste pas à l'analyse des rapports réels se jouant entre ces deux pôles, que ce soit dans l'entreprise, dans les laboratoires ou dans l'enseignement. Disons de suite avant d'aller plus loin que ce « déni » des techniques a joué et joue encore un rôle politique et social en rabattant l'activité technique du côté des exécutants, ouvriers, contremaîtres, ou vers les éléments les moins « doués » au sein de l'enseignement. En un mot, ce discours dominant joue encore un rôle dans le système de reproduction sociale de notre pays, mais la diffusion des informations, la concurrence internationale obligent à des remises en question. Il faut se mesurer à de redoutables adversaires industriels, scientifiques et techniques dont l'efficacité et la créativité reposent, entre autres, sur des conceptions bien différentes des rapports entre les sciences, les techniques et l'industrie comme c'est le cas en Allemagne, aux Etats-Unis ou au Japon⁽⁸⁾.

⁽⁶⁾ Le suffixe « *τεχνικά* » désigne traditionnellement le caractère scientifique de la discipline. Il ne s'agit pas d'entamer une bataille de vocabulaire contre l'emploi du terme « technologie » mais de signaler la connotation qu'accompagne inconsciemment son utilisation très fréquente.

⁽⁷⁾ Ce terme désigne de façon encore très générale les outils, les gestes, les produits.

⁽⁸⁾ Il faut rappeler qu'il est possible de penser de façon non réductrice les relations entre les sciences et les savoir-faire techniques, ce que j'essaye de faire depuis des années en m'appuyant sur les rares textes disponibles de langue française et tout particulièrement sur l'œuvre de Leroi-Gourhan. Les traditions allemandes et anglo-saxonnes sont autrement plus importantes : on peut en suivre les traces depuis Ernst Kapp par exemple en 1877 dans l'Allemagne impériale jusqu'à von Neumann dans ses conférences de Yale en 1955 réunies sous le titre « *The Computer and the Brain* ».

ENTRE LA PUISSANCE CONFUSE DES MYTHES ET LA FAIBLESSE DES DISCOURS PHILOSOPHIQUES : ÉLÉMENTS POUR UNE ÉVALUATION CRITIQUE DES TECHNIQUES BIOLOGIQUES CONTEMPORAINES

L'interprétation philosophique dominante à propos des techniques (les objets, les pratiques techniques) est essentiellement réductrice : celles-ci sont au mieux les « servantes des sciences » ; plus souvent, elles ne sont que technologies, sciences appliquées, autant dire qu'elles n'existent pas. C'est là, sans aucun doute, l'une des sources de l'inculture technique contemporaine, tout particulièrement en France. Cette inculture interdit évidemment toute évaluation des objets et gestes techniques au moment où précisément les machines quittent les espaces privilégiés dans lesquels se jouait l'interface homme-machine (les usines et les laboratoires) et envahissent la sphère de la vie privée, celle des circulations quotidiennes. Ainsi n'est-il pas étonnant de voir les penseurs institutionnels osciller entre une valorisation excessive des productions techniques et une appréhension angoissée de la puissance qu'elles développent.

Fondant leur légitimité sur ce silence de la raison, se développe l'espace des discours mythiques qui font appel aux affects et à l'ambivalence obscure de leurs assertions, obscurité qui se fonde sur la structure même des énoncés essentiellement impératifs du mythe, c'est-à-dire, non critiques, encore moins analytiques. Dans les circonstances présentes, l'absence d'analyses et d'esprit critique à l'égard des développements contemporains des techniques est néfaste ; le mythe ne saurait suffire à rendre compte de la situation contemporaine. Le film *Blade Runner* illustre bien cette situation : il décrit fort bien la situation très particulière vers laquelle convergent deux lignées de performances scientifiques et techniques d'origines bien différentes qui tendent pourtant à se recouvrir. Ce film-mythe admet comme un fait évident la conjonction des performances obtenues grâce aux techniques biologiques afin de mécaniser et transformer de façon dirigée les organismes vivants, avec les développements techniques concernant la simulation du vivant grâce aux travaux inspirés des neuro-sciences et de l'informatique.

Le fonds mythique rejoue donc dans ce film l'étroite conjonction qui lie depuis bien longtemps dans l'imaginaire des hommes les automates et les organismes vivants ainsi que la convergence de deux lignées unissant les techniques et les corps, l'une travaillant sur le mode de la simulation, du « comme si », l'autre transformant directement les organismes⁽⁹⁾.

⁽⁹⁾ Quelques développements de cette deuxième partie sont proches de ceux que j'ai écrits pour la revue *Alliage*, n° 21, automne-hiver 1994, pp. 130-141.

Le déni des techniques

Mais cet imaginaire mythique ne permet pas de proposer une évaluation sociale de telles évolutions, encore moins de comprendre « rationnellement » les convergences entre des structures simulatrices du vivant et des réalisations biotechniques. De même est-il impossible de rendre compte à partir de la seule pensée mythique de l'état réel des relations liant les sciences et les techniques contemporaines; comment rendre compte de ce déni des techniques dont il va être parlé quelques lignes plus loin. Il faut enfin reconnaître que l'orientation des sciences, des techniques et des performances qui les accompagnent ne semble pas seulement relever de motivations conscientes et rationnelles; pour une part difficile à évaluer, les sciences et les techniques modernes voient leur trajectoire infléchie par l'attraction de structures imaginaires, ce que l'on peut particulièrement noter à propos de leurs rapports avec les organismes vivants et surtout les corps humains⁽¹⁰⁾. Cette influence de structures imaginaires sur le développement des sciences et des techniques qui se mettrait en place de façon privilégiée et inconsciente en passant par les savoir-faire techniques est inquiétante au sens où elle peut réorienter des secteurs du développement industriel et scientifique vers la recherche de performances dangereuses pour le champ social tout entier. Une évaluation des techniques biologiques contemporaines est une nécessité impérative, essentiellement pour des raisons de prudence⁽¹¹⁾: ce travail suppose que la part imaginaire et mythique qui inspire sans aucun doute l'orientation des performances techniques soit explicitée, que les savoir-faire techniques, la plupart du temps inconscients, soient davantage suivis et éclairés par la réflexion. Il s'agit là d'un programme culturel qui malgré quelques tentatives n'a pas encore vraiment trouvé sa reconnaissance. Relégation des savoir-faire techniques dans les « basses classes » et dans les filières pédagogiques d'échec, conscience encore larvaire chez les meilleurs des bureaucrates d'une nécessité de prendre en compte les savoir-faire techniques: tous les éléments du processus psychique de la dénégaration sont bien présents, ce qu'il faut essayer d'approfondir davantage.

Le déplacement des connaissances qui s'est opéré dans l'Occident moderne du champ philosophique vers le champ scientifique n'a pas été sans effet sur la place accordée aux techniques. Les techniques dominées par la position éminente prise par les disciplines scientifiques ont bien été interprétées, à la manière des philosophes, en tant qu'activité servile.

⁽¹⁰⁾ Thème développé par ailleurs dans la deuxième partie de l'ouvrage *Les corps transfigurés. Mécanisation du vivant et imaginaire de la biologie* (Tibon-cornillot, 1992).

⁽¹¹⁾ Le « pathos » bioéthique n'est le plus souvent qu'une sorte de vernis qui freine la lecture des véritables forces soutenant les pratiques les plus dangereuses de la recherche biologique. C'est autour des impératifs de prudence qu'une éventuelle réflexion sur l'auto-limitation des développements techniques peut avoir un sens (voir Tibon-Cornillot, 1994a).

Mais dans le travail quotidien des laboratoires, l'alliance de fait entre techniques et sciences s'est mise en place. Les sciences modernes en effet sont non seulement héritières du projet spéculatif de la philosophie occidentale, mais aussi d'une volonté de maîtrise, de réorganisation de l'environnement et du champ social⁽¹²⁾, bref, elles sont aussi, comme les techniques, opératoires. Dévalorisées dans les discours tenus à leur propos, reconnues sourdement en tant que l'un des axes du développement des sciences, les techniques rentrent bien dans le cadre de la dénégaration : reconnaissance et rejet.

L'origine du déni des techniques se trouve sans aucun doute dans ce moment très important de leur histoire, celui où elles sont entrées en rapport avec le développement des sciences modernes pour ensuite s'y intégrer et former le mixte contemporain scientifico-technique. C'est en effet autour et à partir de la naissance et du développement des disciplines scientifiques que les techniques ont connu de profondes mutations, à la fois dans la diversification de leurs objets et dans leur multiplication liée à la production industrielle. Cette connexion de plus en plus étroite entre les techniques et la rationalité scientifique a certes transformé les pratiques techniques mais sans aucun doute moins fortement que les interprétations les concernant. C'est en effet à ce niveau que les conflits furent les plus explicites, les plus précoces, opposant dès la naissance des sciences modernes la « lecture claire et pertinente de l'origine et du développement des machines et des objets techniques, à la lumière de la raison », avec « les vieilleries fumeuses des mondes techniques traditionnels », opposition rapidement intenable dans la mesure où l'omniprésence des savoir-faire dans les laboratoires, puis dans les entreprises, venait sans cesse contredire l'arrogance universitaire. C'est ainsi que grandit peu à peu l'opposition aux conceptions rationalistes et réductrices des techniques pour culminer dans la revalorisation générale, mais malheureusement provisoire, du travail des artisans et techniciens dans la grande Encyclopédie.

Comment rester fidèle à cette ouverture d'esprit des hommes de l'Encyclopédie qui leur faisaient attribuer aux pratiques techniques une valeur bien supérieure aux élucubrations de maints philosophes et théologiens de leur temps ? Que garder de l'efficacité des discours mythiques, de la mobilisation affective qui forme l'horizon selon lequel ils présentent les grandes questions de l'époque et s'adressent à la grande masse des hommes, que conserver du mythe tout en ouvrant le champ des démarches rationnelles qui permettent d'analyser et d'évaluer chaque situation ? Revenons alors au film *Blade Runner* : peut-on appliquer ce programme à l'étude du thème qui en forme la trame, la conjonction des automates et des organismes directement modifiés.

⁽¹²⁾ Sur le thème de la reconstruction et de la maîtrise liée à l'apparition et au développement des sciences modernes : voir Tibon-Cornillot, 1979.

Première distinction: automates à simulation et organismes techniquement modifiés

Des automates comme le vivant

Les organismes vivants, et en particulier les corps humains, sont devenus l'un des objectifs stratégiques des sciences et des techniques modernes. Mais on peut déjà distinguer deux orientations bien différentes de ces rapports vivant-artificiel. La première direction rassemble un ensemble de réalisations qui concernent des disciplines fort différentes et pourtant unies dans le projet commun de simuler des organismes vivants en tout ou en partie.

L'origine de ces réalisations est ancienne: on en trouve la présence, la plupart du temps mythique, dans de nombreux textes grecs, hébreux, médiévaux. C'est pourquoi la présentation de l'histoire des automates recoupe celle des débats philosophiques et religieux qui jalonnent en permanence leur possible existence. C'est du reste l'évocation de ces automates imaginaires, symboliquement fort importants, ainsi que les réalisations anciennes qui s'en rapprochent, marionnettes, théâtres d'ombres, statues articulées, premiers montages mécaniques connus qui permet d'aborder des créations mécaniques déjà plus proches, horloges, machines à calcul, moulins, automates ludiques dont la présence marque l'Europe, de la Renaissance à l'âge classique.

Il suffit de rappeler sur ce thème que l'histoire des automates a été suffisamment développée (une bonne bibliographie est disponible), mais que les débats religieux puis philosophiques et scientifiques, à propos de la simulation du vivant, sont moins connus. C'est pourtant par eux qu'il est possible d'aborder des questions épistémologiques. Autour de la conception cartésienne de l'animal-machine, on peut établir en effet des distinctions entre les lignées des automates traditionnels et classiques et analyser l'un des points d'ancrage des automates modernes. C'est donc autour de la présentation des principaux caractères des néo-automates à simulation qu'il est possible de présenter les enjeux épistémologiques de la cybernétique et surtout ceux qui animent les entreprises cognitivistes, entre les développements de l'informatique et de la neuro-physiologie.

Des organismes techniquement modifiés

Cette orientation des relations vivant-artificiel a pris un essor considérable, et de nombreux laboratoires de neuro-physiologie et d'informatique collaborent pour réaliser des modèles capables de reproduire de mieux en mieux les activités cérébrales et intellectuelles des hominiens. Mais les relations privilégiées et puissantes qu'entretiennent les néo-automates avec les organismes vivants n'épuisent pas la totalité des liens

qui se sont mis en place entre les sciences et les techniques d'une part, et les organismes vivants d'autre part. La problématique de la simulation technique moderne s'inscrit dans la dynamique de l'automate. L'horizon est celui des machines avec, comme modèle, les êtres vivants. Il ne s'agit pas d'être « vivant » mais comme « le vivant », au plus près, en mieux. Même les prothèses n'échappent pas à ce redoublement ; de prothèses en prothèses, le but n'est-il pas de fabriquer le double technique, plus fort, plus durable, immortel en quelque sorte, de ce corps vivant si fragile ? Ce mouvement des techniques n'est-il pas guidé, dans son rapport au vivant, par l'antique projet à l'œuvre dans la fabrication des automates : mieux que les corps vivants, les corps machines ?

Les biotechnologies, à l'évidence, s'inscrivent dans une toute autre perspective. Une bonne partie de leurs développements s'est faite dans les quarante dernières années, en rapport avec l'introduction des hypothèses macromoléculaires en biologie. En établissant une continuité entre des structures formant la matière et celles à l'œuvre dans le vivant, les biologistes ont pu mettre en évidence les supports moléculaires de l'hérédité et comprendre les mécanismes de la transcription-traduction permettant de passer de l'ADN-ARN aux protéines. Bref, l'efficacité technique liée à l'introduction de modèles physiques en biologie n'est pas contestable.

Cette percée conceptuelle a permis la naissance et le développement de travaux dont les résultats les plus remarquables sont liés aux manipulations directes du support macromoléculaire de l'hérédité, aux micro-manipulations cellulaires liées à la fécondation et à l'embryologie. Dans tous les cas, le rapport des techniques appliquées aux organismes vivants n'a vraiment rien à voir avec les relations évoquées plus haut à propos de la simulation.

Leur efficacité tient à leur adaptation aux processus du métabolisme, à une connaissance pertinente des structures chimiques des acides nucléiques, des protéines et du code génétique. Le travail technique en biologie se fonde sur l'explicitation préalable de quelques hypothèses qui établissent une continuité entre la dimension physico-chimique des constituants cellulaires et les grands processus à l'œuvre dans le métabolisme.

Les biotechniques en sont la prolongation pratique. En ce sens, on peut affirmer qu'au réductionnisme physico-chimique en œuvre dans la biologie, reliant les êtres vivants aux objets inertes, correspond une activité technique agissant directement sur le vivant. L'expression de cette nouvelle situation des techniques apparaît nettement si l'on veut bien se rappeler que pour la première fois une espèce vivante a un accès direct au support de l'hérédité et peut éventuellement le transformer ; l'opérativité technique peut intervenir au cœur du vivant et en infléchir l'évolution.

Deuxième distinction: les techniques ne sont pas réductibles aux sciences

Comment penser l'autonomie des techniques?

Les sciences et les techniques contemporaines s'organisent autour des organismes vivants soit pour les simuler, soit pour les mécaniser ou les modifier. C'est une curieuse situation où le vivant devient un enjeu majeur de la rationalité des sciences, bien que cette rationalité à l'œuvre dans l'étude et la maîtrise des organismes emprunte ses modèles à la physique dont la réussite concerne la matière inerte! On verra plus loin que ce réductionnisme constitutif en biologie, qui refuse toute frontière entre le vivant et l'inerte, est d'une grande efficacité; retenons cependant que cette démarche ne suffit pas à expliquer cette réussite. Il faut introduire d'autres distinctions qui, cette fois, ne concernent pas seulement la démarche scientifique mais aussi les savoir-faire techniques. Ma pratique dans un laboratoire de génétique, parmi des chercheurs qui étaient aussi intrigués par ces questions, m'a fait découvrir l'omniprésence des savoir-faire techniques au sein d'une discipline féconde et efficace, la génétique moléculaire. La créativité mise en œuvre dans l'invention de nouvelles procédures techniques anticipe le plus souvent l'état des connaissances théoriques disponibles de telle manière qu'elles restent longtemps inexploitées. C'est pourquoi il est nécessaire de réfléchir aux rapports entre les sciences et les techniques au sein du mixte scientifique et technique contemporain, et de reprendre à d'autres frais la question de l'autonomie des techniques. Ce travail, on va le mener en s'appuyant sur une tradition de penseurs allemands et anglo-saxons du XIX^e siècle qui ont travaillé sur ce thème. Les représentants français les plus célèbres de cette mouvance sont Gilbert Simondon et André Leroi-Gourhan.

Une erreur commune: la confusion technique-technologie

La dévaluation dans laquelle sont tenus les savoir-faire techniques dans l'organisation des enseignements, dans l'entreprise, et plus généralement dans les discours dominants, qui réduisent les techniques au rôle de sciences appliquées ou de technologies⁽¹³⁾, en particulier dans notre pays, est liée à une erreur interprétative fort répandue. C'est elle qu'il faut d'abord repérer.

⁽¹³⁾ Le suffixe « *logos* » désigne traditionnellement le caractère scientifique de la discipline. Il ne s'agit pas d'entamer une bataille de vocabulaire contre l'emploi du terme « technologie » mais de signaler la connotation qu'accompagne inconsciemment son utilisation très fréquente.

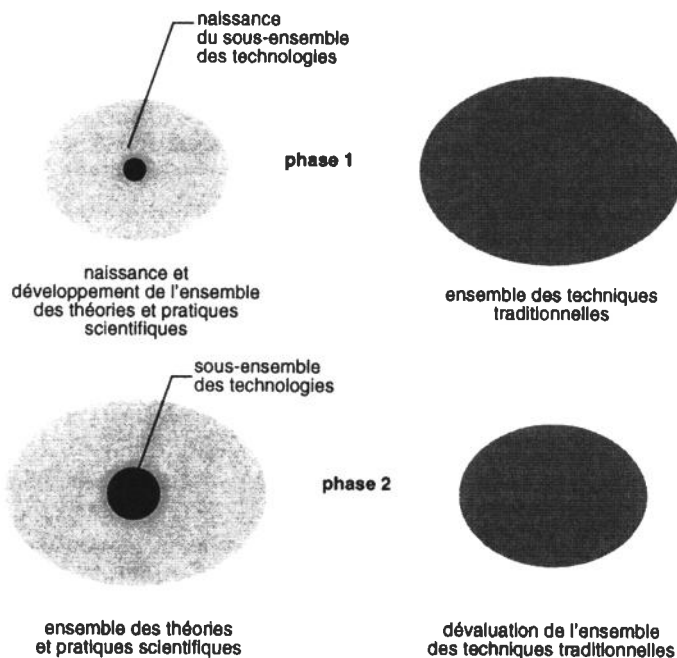
Une première définition, provisoire, des techniques peut s'exprimer en ces termes : le concept de « technique » désigne l'ensemble des objets et des gestes liés à la fabrication et à l'utilisation de systèmes améliorant, amplifiant les performances des corps dans leur rapport à l'environnement. Cette définition très générale recouvre un ensemble assez considérable d'attitudes et de réalisations se déployant dans une plage de temps immense puisque les premiers objets techniques repérés par les paléontologues datent d'environ 4 millions d'années. L'activité technique est par ailleurs omniprésente ; on la retrouve dans l'ensemble des cultures humaines bien que chaque groupe humain la marque de son caractère propre. Les techniques, leurs objets et leurs relations, accompagnent donc l'homme depuis ses origines et se retrouvent bien sûr en plein cœur de l'activité contemporaine de maîtrise et de reconstruction de la matière et du vivant.

La temporalité très longue au cours de laquelle l'activité technique a évolué parallèlement à l'espèce humaine a été marquée par des moments privilégiés où eurent lieu d'importantes mutations ; celles-ci furent provoquées par des découvertes, soit proprement techniques, soit issues d'un autre champ de l'activité humaine. Les paléontologues sont unanimes en ce qui concerne quelques-unes de ces périodes particulièrement importantes dans l'évolution des techniques : celles de la découverte du feu, de l'agriculture, de l'élevage mais aussi du domptage des chevaux, de la domestication du chien, etc. Dans ces différents exemples, l'accélération du processus d'évolution des techniques est liée à l'invention et à la mise au point de nouveaux dispositifs remarquables. Dans ces différents exemples, la source des mutations techniques est, elle aussi, technique, mais ce n'est pas toujours le cas comme le montre l'importance de l'écriture : les sources de son invention sont sans doute différentes.

La mise en place de structures sociales de plus en plus organisées, le mouvement d'urbanisation l'accompagnant qui rassemblait des hommes en nombre toujours plus grand ont eu très certainement une influence considérable sur le développement des techniques car ce mouvement d'urbanisation concentrait au sein d'espaces restreints des artisans aux savoir-faire très différents : ils ont pu s'influencer mutuellement et susciter ainsi un renforcement de la créativité. Ces quelques exemples concernant des moments privilégiés de l'évolution des techniques ont eu lieu il y a 100 000 ans pour le contrôle du feu (peut-être plus ?) ; 50 000, 100 000 ans pour le domptage des chevaux ; 10 000 ans, certainement, pour la mise en place des premières sociétés humaines importantes. Mais beaucoup plus proche de nous, il y a 500 ans à peine, l'une des mutations importantes des techniques a été provoquée par leur interconnexion avec le domaine des sciences modernes, la mise en œuvre des méthodes rationnelles qui leur sont propres et surtout leur formidable activisme.

Les techniques traditionnelles ont disparu ou bien ont été totalement remaniées; des procédures techniques traditionnelles très élaborées ont dû s'inscrire dans des approches rationnelles portant par exemple sur la parcellarisation des tâches, la recherche effrénée d'une expansion économique ou politique illimitée. Ces bouleversements très profonds sont à l'origine d'une erreur d'interprétation devenue dominante, en particulier dans la tradition française. L'erreur consiste en effet à interpréter les techniques contemporaines en tant que champs d'application des théories scientifiques; elles se confondent alors avec ce qu'on appelle « les sciences appliquées » ou bien, plus souvent encore, les « technologies », le suffixe « logos » renvoyant à la rationalité scientifique. Les techniques, leurs objets et leur activité sont, dans le meilleur des cas, les « servantes des sciences »; dans le pire, elles n'existent même plus, car elles ne sont pas autre chose que leur champ d'application plus ou moins éclairé par des lumières théoriques venues de l'exercice rationnel propre aux sciences modernes. On aurait ainsi, en un premier temps, une sorte de face-à-face particulièrement bien observable au XVI^e et XVII^e siècle, entre un ensemble⁽¹⁴⁾ en train de naître et se développer, celui des sciences modernes, et un autre ensemble regroupant l'ensemble des techniques traditionnelles précédant depuis fort longtemps l'apparition des sciences modernes (voir la figure 1, phase 1).

Figure 1.
L'image dominante
des rapports entre
science et technologie



⁽¹⁴⁾ La notion d'ensemble que nous utilisons dans ce contexte doit être conçue de façon métaphorique. Un travail plus approfondi montrerait peut-être qu'on peut dépasser ce stade purement analogique.

La conception dominante conçoit alors le développement des technologies comme une sorte de sous-ensemble au sein du grand ensemble des sciences modernes (il est désigné par l'appellation « naissance du sous-ensemble des technologies » dans la phase 1). Le face-à-face ainsi présenté donne donc naissance à une autre configuration selon laquelle le déploiement logique du sous-ensemble des « technologies » ou « sciences appliquées » s'accompagne d'un mouvement inverse de dévaluation progressive des techniques « traditionnelles » (phase 2 de la figure 1).

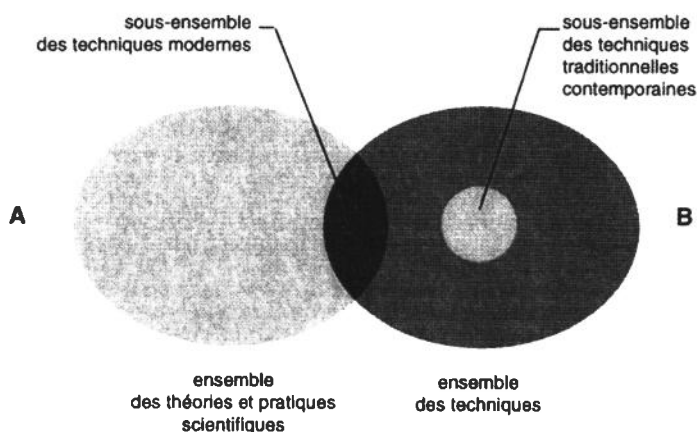
Ce face-à-face entre les deux ensembles décrits dans les phases 1 et 2 de la figure 1 pourrait représenter de façon simplifiée l'essentiel des traits caractérisant l'erreur d'interprétation commune à laquelle je faisais allusion un peu plus haut. C'est la même structure qui dévalue progressivement la valeur des techniques traditionnelles (et contribue pratiquement à leur disparition) et qui conçoit les techniques contemporaines comme des applications des sciences. Cette interprétation a eu et a encore des effets pervers très nombreux tant au niveau pédagogique que dans l'industrie ; elle imprègne par exemple les systèmes de représentations propres aux organisations scolaires et universitaires françaises, dans la mesure où se trouve justifiée idéologiquement la dramatique dévaluation de l'enseignement technique. Par ailleurs, dans les empires coloniaux, cette conception a fortement contribué à considérer les techniques traditionnelles comme dénuées de toute valeur.

Pour une autre approche, un schéma différent

Admettons maintenant par hypothèse qu'il existe une spécificité des techniques, des gestes et objets techniques, que les savoir-faire techniques ne sont pas seulement des sciences appliquées mais qu'ils relèvent d'invariants spécifiques irréductibles à la démarche des sciences modernes (sans définir encore la nature de ces invariants). C'est alors qu'il est possible d'organiser autrement la confrontation entre l'ensemble des techniques et celui qui correspond à la naissance et au développement des sciences modernes ; on peut ainsi visualiser les principales caractéristiques d'une interprétation bien différente des rapports entre les sciences contemporaines et les techniques traditionnelles ou modernes. On peut en effet représenter sans difficulté deux ensembles ainsi que le montre la figure 2 ; l'un recouvrirait l'ensemble des théories et pratiques scientifiques, l'autre, l'ensemble des techniques, objets et comportements, traditionnels et modernes. Ces deux ensembles peuvent avoir une zone d'intersection dans laquelle chacun des points relève aussi bien de l'ensemble A, celui des sciences, que de l'ensemble B, celui des techniques. Les techniques contemporaines peuvent donc être représentées par cette zone d'intersection, zone sans cesse en train de croître (la figure proposée ne peut en effet rendre compte de la dynamique animant chacun des ensembles A et B). Les phénomènes techniques modernes sont donc incompréhensibles s'ils ne sont situés dans le contexte de leurs rapports aux sciences, mais ils le

restent tout autant si l'on ne tient pas compte de leur rapport avec les caractéristiques principales du développement de l'ensemble des objets techniques. Incidemment, le lecteur remarquera que les objets et gestes techniques contemporains ne sont pas si étrangers aux gestes et techniques traditionnels⁽¹⁵⁾. Ces descriptions montrent que l'on peut sans difficulté proposer une interprétation de l'univers des techniques en préservant soigneusement leur autonomie sans pour autant négliger l'évidente interconnexion des techniques modernes avec les sciences, leurs méthodes et leurs conceptions.

Figure 2.
Les techniques contemporaines,
l'ensemble des sciences et
l'ensemble des techniques
traditionnelles
et modernes



Pour une origine biologique des techniques: évaluation et critique d'un thème mythique inquiétant et étrange

Tel est le premier résultat obtenu grâce à une approche plus généreuse des savoir-faire techniques. Le schéma proposé montre bien qu'il est possible d'admettre rationnellement une spécificité des techniques sans pour autant nier leur étroite intrication avec les développements de la rationalité scientifique. En approfondissant encore un peu cette nouvelle lecture, je voudrais montrer qu'elle rend compte aussi d'un des thèmes du mythe qui produit le plus sûrement le sentiment d'inquiétante étrangeté évoqué plus haut.

Il me faut donc préciser en quoi consiste cette spécificité inaltérable qui distingue la dynamique interne animant l'activité technique de celle des sciences modernes; question que l'on peut aborder à partir des recherches concernant une éventuelle origine biologique des techniques et que l'on peut développer selon deux directions, l'une qui concerne la création d'un espace commun aux performances techniques obtenues en laboratoire et à

⁽¹⁵⁾ On peut comprendre alors la rapidité avec laquelle certaines techniques modernes (véhicules à moteur, techniques audiovisuelles) peuvent pénétrer le tissu social des sociétés traditionnelles.

celles produites par des organismes vivants, l'autre qui prend en compte l'éminente proximité de la genèse des savoir-faire techniques et de l'évolution du corps humain, comme le montrent les travaux de Leroi-Gourhan.

L'espace commun aux performances techniques et organiques

Cette problématique se fonde sur une certaine culture biologique dans la mesure où sa mise au point s'est faite à travers une lecture assez systématique des publications scientifiques. La littérature scientifique en biologie publie de plus en plus souvent des études montrant que les performances obtenues par des organismes vivants se déploient selon des protocoles très proches, parfois identiques à ceux obtenus en laboratoire dans un contexte totalement différent. L'un des cas les plus remarquables concerne le génie génétique mis au point à partir de 1970 selon des protocoles techniques complexes, et l'élucidation dix ans après, par J. Schell et M. Van Montagu, d'un phénomène observé depuis longtemps, la tumorigénération de certains végétaux par induction bactérienne (Schell et Van Montagu, 1980). Les auteurs ont pu comprendre ce phénomène complexe en recherchant et en trouvant dans l'attaque bactérienne les principales étapes caractérisant le génie génétique artificiel mis au point par des hommes dans leurs laboratoires⁽¹⁶⁾. La conclusion de l'article résume bien

⁽¹⁶⁾ Ce que l'on vient d'affirmer peut être présenté dans le tableau ci-dessous qui présente sur sa partie gauche les principales opérations du génie génétique artificiel et sur sa partie droite le rôle du plasmide Ti et le génie génétique « naturel ». Pour plus de détail, nous renvoyons à notre article (1991a).

Génie génétique « artificiel »	Génie génétique « naturel »
1 ADN total (humain par exemple) 1 ml	
2 Constitution d'une banque dans une bactérie (par ex : <i>Escherichia coli</i>)	
3 Clonage : gène purifié par détection immunologique ou par hybridation d'ADN (par ex : 1 ml)	
4 Insertion du gène dans un vecteur d'expression (plasmides, cosmides, transposons, phages)	I. Situation de départ : clonage et insertion des gènes dans un vecteur d'expression = les plasmides Ti et les gènes insérés des régions Vir et T
5 Introduction dans une cellule-hôte par transformation	II. Introduction dans une cellule-hôte par transformation = passage de la région T du plasmide Ti dans les cellules végétales
6 Culture en fermenteurs (env. 10 000 l)	III. Culture en fermenteurs = tumeur produisant, entre autres, les opines
7 Purification et utilisation du produit désiré (env. 500 ml)	IV. Purification et utilisation du produit désiré = passage des opines produites dans la tumeur vers les bactéries et utilisation de celles-ci par <i>Agrobacterium tumefaciens</i> après dégradation catabolique
Principales opérations de manipulations génétiques	Le rôle du plasmide Ti : des manipulations génétiques naturelles

ml = millilitre ; l = litre ; ADN = acide désoxyribonucléique.

Les régions Vir et T sont des parties codantes du génome de la bactérie.

la problématique de cet espace commun. Ces chercheurs renommés remarquent en effet avec humour : « *Il est caractéristique et décevant de constater que c'est précisément au moment où les généticiens ont pris conscience des perspectives ouvertes par les manipulations génétiques que l'on a découvert que la nature même est capable de transférer certains gènes d'un type d'organisme sur un autre de façon dirigée et efficace* ». Ces chercheurs ont eu raison de constater l'étonnante convergence amenant le généticien et la bactérie *Agrobacterium tumefaciens* à produire les mêmes opérations. Comment ne pas remarquer aussi l'antériorité des manipulations produites par *Agrobacterium* (quelques centaines de millions d'années) sur celles des laboratoires (une vingtaine d'années) ? Mais pourquoi en être déçu ? On ne saurait trouver meilleur exemple pour illustrer le mouvement de va-et-vient selon lequel des modèles du génie génétique servent à comprendre un événement biologique, la tumorigénèse, et révèlent en même temps les modèles originaux dont ils sont issus, les processus organiques qu'ils avaient précisément pour rôle d'élucider. Il y a là une réciprocité qui est l'indice de l'ouverture d'un espace commun aux techniques et aux structures vivantes. Le modèle technique éclaire un processus organique complexe qui, à son tour, dévoile l'essence du procédé technique utilisé, son origine biologique.

Cette boucle que l'on vient de décrire à propos de ce spécialiste en génie génétique, *Agrobacterium tumefaciens*, se fonde sur la reconnaissance d'une continuité entre l'univers technique et celui du vivant ; elle suppose même que l'on admette l'antériorité des processus vivants sur les modèles techniques dont ils sont en vérité le prolongement. La découverte du génie génétique « naturel » vient après celle du génie génétique technique et en dépend, mais au cours du développement temporel des processus biologiques et culturels, le génie génétique « naturel » le précède.

Il existe dans la littérature scientifique (les revues professionnelles des biologistes) des descriptions relevant du type d'approche que je viens d'exposer : le moteur bactérien, la forme et la longueur du virus, la photosynthèse, etc. On peut du reste affirmer sans risque que ces situations phénoménales, où se manifeste la continuité de plus en plus évidente entre les techniques et le vivant, sont et seront de plus en plus nombreuses. La reconnaissance des bouleversements culturels qu'entraîne la prise au sérieux de ce constat n'est pourtant pas encore faite.

Genèse des techniques et évolution du corps humain

L'autre direction des recherches à propos d'une origine biologique des techniques s'enracine dans les travaux de Leroi-Gourhan. On sait qu'il fut l'un des premiers paléontologues français à attirer l'attention sur l'importance qu'il fallait accorder à la place des techniques dans l'évolution des hominidés. L'ancienneté des techniques les place en plein processus d'humanisation : quatre millions d'années. Tel est le résultat obtenu par la datation des outils les plus anciens déjà découverts. On est même en droit de

se demander quel fut l'effet en retour de l'activité technique sur ce processus. Cette brève remarque révèle la proximité très profonde entre le corps humain, son évolution, ses performances et son outillage et ne permet pas de concevoir les liens entre le corps et ses outils en réduisant ceux-ci au statut d'instruments. Il faut donc affirmer que l'enracinement de l'activité technique dans l'ensemble des comportements humains se situe à des niveaux biologiques profonds. C'est en méditant sur ces éléments révélés par la paléontologie qu'André Leroi-Gourhan a proposé des développements incontournables.

Cet auteur connaissait en effet les travaux d'auteurs allemands (Ernst Kapp, Ludwig Noiré par exemple) qui avaient travaillé sur le concept de « projection organique ». Dans ce contexte, les premiers outils sont le prolongement d'organes humains en mouvement. La massue, le percuteur, la hache prolongent et étendent le mouvement physique de la percussion exécutée par le bras. Il leur apparaissait en effet assez évident que la gestuelle accompagnant les mouvements de la main invitait à voir dans les différents outils une prolongation projetée de la main fermée, ouverte, repliée, ainsi que des mouvements d'accompagnement du bras. La thèse de la « projection organique » trouva donc son premier enracinement dans l'analogie de forme entre les organes externes du corps et les outils ; ses tenants essayèrent de prendre en compte des analogies de mouvements et de fonctions. Cette théorie généralisa enfin le thème projectif aux organes internes. Dans ce nouveau contexte, la pince, la charnière étaient une projection de l'articulation, la pompe celle du cœur, le filtre chimique celle des reins. Pourquoi ne pas voir par exemple dans les multiples systèmes de communication, le modèle fondamental de la circulation sanguine, dans les assemblages mécaniques, la structure du squelette ? Certains auteurs, anticipant quelque peu sur l'état des techniques de leur temps, envisagent même la création de machines « à penser » fabriquées sur le modèle du cerveau dont elles seraient la projection. Telles sont donc les théories de la projection organique que les anthropologues allemands ont fondées et développées, y compris jusqu'à la période actuelle comme en témoignent les travaux de Heinrich Beck, Arnold Gehlen, Alois Nedoluha (respectivement 1975, 1975 et 1961).

Dans ce contexte et à partir de sa connaissance de la paléontologie, Leroi-Gourhan se propose de comprendre la signification de l'évolution des techniques selon des perspectives tout à fait étonnantes. Pour ce spécialiste, la naissance des techniques et le processus même d'hominisation ne sont pas compréhensibles l'un sans l'autre. Il affirme donc qu'il n'est pas possible de comprendre l'évolution de l'anatomie humaine sans tenir compte de l'ensemble des prolongations techniques qui en font partie. L'un des problèmes que se pose par exemple le paléontologue spécialisé dans l'étude des paléo-outils consiste précisément à se demander quel est le sens de la tendance à « exsuder », placer hors de soi, des possibilités musculaires et mentales qui, une fois reprises dans des machines adéquates, permettent à l'organisme humain de ne pas se spécialiser et de

conserver une disponibilité pour d'autres tâches. Un des traits propres aux hominiens consisterait donc à éviter toute spécialisation du corps propre par une dérive génétique, tout en se donnant les possibilités de défense acquises par les autres espèces au prix d'une transformation de leur organisation anatomique. Comment courir aussi vite que les équidés sans pour autant se spécialiser corporellement par l'acquisition de sabots ? Comment avoir la préhension griffue des félidés sans en avoir les griffes réelles, sabots ou griffes que ces différentes espèces ont acquis au cours de plusieurs millions d'années de dérive génétique. « *Tortue lorsqu'il se retire sous un toit, crabe lorsqu'il prolonge sa main par une pince, cheval quand il devient cavalier, il redevient disponible, sa mémoire transportée dans les livres, sa force multipliée dans le bœuf, son poing amélioré dans le marteau* » (Leroi-Gourhan, 1965).

Ces remarques ont pour seul objectif de montrer qu'on ne saurait oublier l'éminente proximité entre l'évolution du corps humain, son outillage et son activité technique. Liées depuis l'aurore du processus d'homínisation à l'action des hommes sur leur environnement, les techniques sont fondamentalement du côté des pratiques, des processus de maîtrise du monde. Entrant en contact avec les sciences modernes, la dynamique propre aux techniques s'en est trouvée étonnamment renforcée ; elle n'en a pourtant pas perdu sa spécificité. Comprendre l'autonomie des techniques, c'est prendre la mesure de la place considérable qu'elles tiennent au sein du mixte scientifico-technique contemporain.

La réflexion sur l'autonomie des techniques fait aussi surgir un autre aspect fort peu connu : leur étroite parenté avec les organismes vivants. L'étonnante réussite technique que l'on peut observer actuellement en biologie révèle sans aucun doute la continuité entre les organismes vivants et les organes artificiels. En ce sens, le retour massif d'une part de l'activité des sciences et des techniques sur les êtres vivants, sur le corps des hommes en particulier, ne fait que révéler une tendance qui se trouvait présente dès les premiers moments de l'apparition des gestes et objets techniques, en plein cœur du processus d'homínisation. Les techniques, par leur activisme spécifique et leur profonde parenté avec les structures vivantes, ne pouvaient que contribuer à orienter le mixte scientifique et technique contemporain vers le vivant pour le contrôler et le transformer.

L'AU-DELÀ DES ANALYSES OU L'EFFONDREMENT DES MYTHES DANS LES TECHNIQUES CONTEMPORAINES ?

Ces quelques remarques montrent combien le thème d'une éventuelle origine biologique des techniques ouvre des terrains de recherche féconds. Mais elles montrent aussi la puissance des connexions qui se sont mises en place entre certaines techniques biologiques et les organismes vivants, particulièrement le corps humain. Ce n'est pas parce que l'on a

compris rationnellement les sources de l'efficacité émotionnelle du mythe que l'on se débarrasse de l'inquiétante étrangeté qui en accompagnait la vision, l'audition ou la lecture. Protégées en quelque sorte par le silence de la raison à leur propos, les pratiques techniques se sont développées souterrainement jusqu'à ce point où leurs réalisations s'imposent à tous les acteurs sociaux avec une telle force que leurs craintes ou leurs aspirations « éthiques » semblent un bien faible rempart pour ordonner et limiter de tels changements.

Il semblerait que la situation dans laquelle nous sommes plongés en cette fin de siècle soit encore plus délicate que nous l'estimions. La volonté de réaborder rationnellement la dynamique du mythe afin de pouvoir évaluer et critiquer les orientations prises par les performances techniques et scientifiques contemporaines est parfaitement légitime et urgente. Il semble cependant qu'elle arrive trop tard. Un dernier exemple permettra peut-être d'illustrer cette situation assez inextricable dans laquelle nous serions. Je l'emprunterai au contexte créé par la découverte du code génétique au début des années 50.

La création d'une interface entre informations génétiques et culturelles

Rappelons-nous⁽¹⁷⁾ : c'est en 1953 qu'eut lieu l'un des plus grands événements scientifiques de ce siècle. Watson et Crick proposèrent un schéma général de conformation de l'ADN (acide désoxyribonucléique) représentant l'organisation spatiale de cette macromolécule sous la forme de deux chaînes hélicoïdales enroulées autour d'un axe central et maintenues en une structure à deux brins (ou bicaténaire). Ils rendaient compte de cette structure par l'appariement des bases se faisant face sur l'une et l'autre chaînes, ces bases étant au nombre de quatre, Adénine, Thymine, Guanine et Cytosine (que l'on désigne par leur première lettre, A, T, G et C). Ce schéma mettait en évidence le rôle génétique (informationnel) de cet acide nucléique et devait permettre une bonne part des avancées qui suivirent, entre autres, le décryptage du code génétique, c'est-à-dire la clé de lecture des séquences d'informations portées par les quatre bases composant l'ADN, informations transcrites et traduites en protéines formées par vingt acides aminés différents (pour plus de détails, lire Mayr, 1990). C'est aussi dans ce nouveau contexte que furent isolés différents types de macromolécules, les ARN (acides ribonucléiques), et que fut interprété leur rôle central dans les processus de transcription-traduction. Les macromolécules porteuses d'informa-

⁽¹⁷⁾ Les développements qui vont suivre dans cette troisième partie sont proches de ceux que j'ai écrits pour la revue *Alliage* dans son numéro spécial sur les techniques.

tions sont donc des structures de la matière vers lesquelles le mouvement du réductionnisme en biologie a provisoirement abouti après être passé par les organes, les tissus, les cellules, les organites cellulaires (Tibon-Cornillot, 1992).

Il faut interpréter « au pied de la lettre » l'événement du décryptage du code génétique et prendre au sérieux les présupposés qui en permirent la découverte chez les chercheurs allemands et anglo-saxons qui en furent les acteurs. Il est bon de restituer « la vision du monde » audacieuse qui les animait malgré la pression « rationaliste » propre à la tradition universitaire française qui tend à « remétaphoriser » cette étrange conjonction entre des codes inscrits dans des structures constitutives du vivant et des codes linguistiques. La notion de code génétique implique en effet une conception des structures de la matière fort différente de celle habituellement admise en physique corpusculaire. Selon ce nouveau paradigme, une organisation moléculaire peut détenir des informations complexes. Cela suppose une généralisation de la notion d'information d'origine linguistique (mathématique, etc.) qui relevait initialement des créations culturelles des hommes, de leurs langues et écritures afin qu'elle soit aussi l'un des caractères fondamentaux de la matière et du vivant, c'est-à-dire de domaines situés bien en deçà de tous les processus culturels. Ce glissement de l'un des caractères des langues humaines, le concept d'information, vers la matière physique et biologique est encore renforcé par cet autre présupposé nécessaire à la compréhension du décryptage du code génétique, les notions de code et de décryptage. La signification première d'un code s'enracine de façon encore plus élaborée dans l'événement fondamental de l'apparition des langues puis des écritures. Prenons l'exemple d'un code secret composé de chiffres ou de lettres : le chiffreur a devant les yeux un texte lisible comprenant des informations, militaires par exemple, qu'il lui faut ensuite transcrire en un ensemble d'éléments, chiffres ou lettres, qui le rende illisible à ceux qui n'ont pas le code, c'est-à-dire les règles de correspondance entre les séquences nouvelles et les expressions initiales clairement accessibles aux lecteurs. Ce message chiffré est ensuite transporté puis décrypté par les destinataires détenant la clé du code. Ces jeux fort anciens du codage sont encore pratiqués et toutes les armées ont leur service du Chiffre, mais ceux qui les mirent au point et qui les utilisèrent savaient fort bien qu'ils travaillaient sur la langue et l'écriture et que c'était là leur milieu et leur matériau. Il était en effet inconcevable, il y a quarante années, (et cela reste encore un sujet d'étonnement), que des structures matérielles, les macromolécules informatives, ADN et ARN, puissent détenir des informations multiples sous la forme d'un agencement de quatre bases élémentaires, écrites en abrégé ATCG, agencement codé en séquences, et, plus encore, que ces séquences informatives codées, puissent être soumises à un traitement interne à la cellule permettant le décryptage des informations portées par l'ADN, l'ARN, et la formations de protéines.

Il s'agit bien d'affirmer, quelles que soient les précautions que l'on y mette, l'existence de structurations codées de la matière et, plus étonnant encore, de dispositifs matériels « automatiques » de décryptage. Le terme de décryptage est du reste très ambigu car il renvoie à deux niveaux fort différents. Le premier que l'on vient de décrire ouvre des horizons assez étonnants sur la structure de la matière prise dans le contexte biologique car celle-ci est structurée comme une langue. La seconde interprétation du concept de décryptage renvoie au mouvement de la connaissance qui permet de reprendre, dans des langues et écritures humaines, des niveaux de codages et de décryptages propres aux structures matérielles composant les cellules. Ce deuxième sens donné à la notion de décryptage s'intègre dans le processus général de la constitution de la connaissance scientifique ; celle-ci suppose en effet que l'on admette une homogénéité minimum reliant d'une part les phénomènes de la nature et d'autre part les organisations sensorielles humaines ainsi que les processus de la pensée et du langage engagés dans la constitution des connaissances.

Ce sens très général donné au concept de « décryptage du code génétique » qui tend à se confondre avec le mouvement même de la connaissance se fonde cependant sur des relations très nouvelles entre l'expression des connaissances scientifiques de l'Occident, marquée par ses développements mathématiques, son écriture alphabétique/phonétique, sa pensée logique/analytique, et ce nouvel objet « naturel », le code génétique : l'homogénéité est en effet totale entre le sujet connaissant et l'objet à connaître car la « nature » écrit, informe, code et décode selon des règles semblables à celles animant les langues et écritures humaines, particulièrement occidentales. Résumons cette brève méditation sur le code génétique en rappelant qu'en un demi-siècle, biochimistes et généticiens ont localisé une langue et une écriture infrahumaines et les ont traduites dans les langues et écritures de l'Occident, faisant preuve d'une créativité remarquable. Cette réussite doit cependant être replacée dans un contexte plus vaste car lire le langage de la « nature » est très exactement le projet que Galilée avait ouvert à la « vraie » connaissance, dans ce discours fondateur des sciences modernes qu'il exprima, plus de trois cents ans auparavant : *« La philosophie est écrite dans ce très grand livre qui se tient continuellement ouvert devant nos yeux, (je veux parler de l'univers), et l'on ne peut l'entendre si tout d'abord l'on n'apprend à en maîtriser la langue et à en connaître les caractères dans lesquels elle est écrite »* (Galilée, 1929-1939).

Cette dernière remarque fait surgir une question essentielle : quel statut faut-il accorder à ce code et ces informations inscrits au cœur du vivant ? Dans le contexte d'une philosophie spontanée des sciences contemporaines, on peut affirmer qu'il existe bien un code détenant des informations, code inscrit au cœur de certains éléments constitutifs composant la matérialité des êtres vivants, les macromolécules nucléiques. L'inscription de ces codes, leur organisation, leur codage et leur décodage sont essentiellement de même nature que ceux à l'œuvre dans les langues

et écritures humaines. Dans le contexte de cette « philosophie de la nature » sous-tendant la biologie contemporaine, on pourrait en déduire par exemple, que l'antique question de l'origine des langues n'est plus aussi obscure : les langues humaines ne s'enracineraient-elles pas dans des codes plus primitifs caractérisant l'un des versants de la matière ? Dans la mesure où l'écriture alphabétique/phonétique a servi de modèle pour la découverte du code génétique et son décryptage, on peut aussi considérer que son invention, il y a quelques milliers d'années, a été décisive car elle a proposé une notation littérale reproduisant bien mieux que les écritures idéographiques, syllabiques, hiéroglyphiques, etc., les structures les plus profondes des codages primitifs de la matière. Telle serait donc l'une des raisons du succès des sciences et des techniques occidentales et de leur expansion mondiale, liée au fait que cette culture s'est développée dans le cadre d'une écriture apparentée aux structures les plus intimes de la matière. Nous pourrions trouver bien d'autres implications, toutes plus étonnantes les unes que les autres, liées à la conception du monde véhiculée par la biologie contemporaine.

Le transformateur transformé ou la réalisation pratique des mythes

Quelques travaux d'ethnologie ou de sociologie ont montré que l'on pouvait interpréter bien autrement le thème du code génétique et de son décryptage que l'on ne saurait adopter si facilement dans la mesure où l'organisation de la perception du monde, de la sensorialité est bien plus dépendante de l'écriture et de la langue des acteurs sociaux qu'ils ne le croient (Tibon-Cornillot, 1994b). Pourtant le succès pratique lié au développement de la génétique moléculaire donne à l'interprétation spontanée de nombreux chercheurs une force de conviction considérable.

Trouver dans la matière des informations codées, des dispositifs de décodage, n'est possible que par cette traduction plus fondamentale : le déploiement de ces événements dans des représentations culturelles, à travers des supports scripturaux ou sonores. Ce serait pourtant une vision partielle de limiter le projet des sciences occidentales à cette vaste tentative de redéploiement du « réel » dans les réseaux de la langue, de l'écriture et des représentations, de n'en retenir que la dimension spéculative. Le rôle de l'expérience dans les sciences, leur volonté d'application, leur interconnexion avec l'activité technique montrent que la raison dans les sciences modernes n'a pas seulement une vocation spéculative, théorisante mais qu'elle est aussi transformatrice. La raison moderne, celle des sciences et des techniques de l'Occident, est à la fois raison « observante » et raison « militante ». On ne s'étonnera donc pas que la volonté de savoir propre aux sciences s'inscrive dans d'autres projets de contrôle et de maîtrise. La formation des sociétés industrielles accompagnée d'une transformation sans cesse plus radicale de leur environnement

matériel et vivant est là pour nous rappeler cette double dimension de la raison occidentale. Ce n'est pas le lieu de rechercher les sources « imaginaires » de ce projet mais d'en retenir seulement ce constat : *le décryptage du code génétique, cette traduction d'un code infrahumain dans le milieu des langues et écritures humaines, ne pouvait qu'aboutir à son autre versant, la re-traduction dans les termes du code génétique d'informations culturelles, qu'elles soient économiques, sociales, politiques ou imaginaires afin de modifier les êtres vivants en fonction de finalités culturelles* (Tibon-Cornillot, 1992, p. 161 et sq).

Les manifestations de ce retour en boucle du culturel vers le génétique sont de plus en plus nombreuses : elles forment le substrat même du génie génétique. Comment créer par exemple un blé capable de résister à telle toxine injectée par un insecte, ce qui permettrait d'économiser des sommes considérables dépensées en insecticides ? Intention culturelle, économique en ce cas, qu'il s'agit ensuite de retranscrire dans le code génétique d'une espèce de blé soigneusement choisie, projet qui inspire l'activité de nombreux laboratoires. Dans ce contexte, on cherche à modifier la couleur des fleurs, à améliorer la conservation des tomates, à doubler ou tripler la taille et le poids des vaches, à rectifier les gènes de cellules cancéreuses afin de stopper leur prolifération, et, bientôt, à trier et améliorer le génome des cellules germinales, etc. C'est alors que la boucle se referme et que des structures stratégiques des êtres vivants sont modifiées directement en fonction de finalités multiples.

Si l'on veut penser dans leur radicalité les bouleversements dont on vient de donner les causes, il ne faut pas s'attarder aux résultats spectaculaires déjà obtenus mais prendre en compte le nouvel espace des savoirs et des maîtrises ouvert par la création récente de cette boucle, cette interface entre informations culturelles et génétiques. Sa fécondité combinatoire renvoie tout simplement à ce constat fondamental : l'évolution des espèces vivantes et particulièrement celle de l'homme viennent d'entrer sous la domination et le contrôle d'une seule espèce, la nôtre, et cette maîtrise, nous savons bien qu'elle est problématique

Le transformateur transformé ou le retour de l'imaginaire

On affirme trop rapidement que l'évolution des performances liées à la génétique moléculaire et aux techniques de l'ADN recombinant est radicalement nouvelle. On en connaît au moins quelques orientations car elles ont déjà été réalisées dans les sociétés industrielles : il s'agit du traitement mécanique et industriel de la matière inerte. L'accès au code génétique et à la transformation directe et finalisée des êtres vivants est le résultat d'un long travail préalable de mécanisation du vivant ; il s'inscrit dans ce réductionnisme constitutif qui aligne les structures vivantes sur

celles de la matière (Tibon-Cornillot, 1991b). Les modèles du traitement de la matière inerte dans les sociétés industrielles forment donc l'horizon sous lequel sont et seront manipulées les nouvelles formes du vivant recodé : production industrielle et standardisée, création d'espaces de production spécialisées, recherche de normes et évacuation des déchets (si possible, avec recyclage), simplification des modèles produits, etc. La mécanisation moderne et le traitement industriel de la matière inerte posent déjà un certain nombre de questions que nous connaissons bien : ce renforcement des maîtrises scientifiques et techniques est allé de pair avec une violence sociale jamais observée jusque là, à travers la répartition inégale des richesses, l'efficacité croissante des armements, les bouleversements de l'environnement. On ne saurait accepter sans ironie l'idée que le traitement mécanisé du vivant à un niveau d'efficacité jamais atteint pourrait éviter la violence historiquement attachée à son modèle mécanique.

Cette première remarque ne saurait pourtant rendre compte de questions plus profondes concernant la création de l'interface informationnelle dont on parlait plus haut. L'évidente volonté de maîtrise et de contrôle du monde qui a toujours accompagné les savoirs scientifiques reflue maintenant vers le vivant, et particulièrement vers l'homme ; et cette fois, c'est le maître qui devient l'objet de sa puissance et qui découvre combien sa maîtrise et ses fins sont mystérieuses. S'agissait-il du reste dans tout ce mouvement des sciences occidentales, de la recherche de la maîtrise et du contrôle ? Ou de réaliser une entreprise bien différente, celle que précisément le retour des sciences et des techniques vers le corps est en train de manifester clairement : transformer l'homme, le faire sortir de sa condition actuelle, de son « insupportable » destin biologique traditionnel et classique ? Mais cette question fort légitime, et bien posée par Nietzsche, est encore trop loin de nos préoccupations que l'on peut formuler ainsi : puisque le transformateur est en même temps l'objet de la transformation, au nom de quels critères s'opèrent et vont s'opérer ces transformations du vivant ? Qui sont les opérateurs de ces bouleversements de l'homme ? Et sur quels hommes vont-ils exercer leurs nouveaux pouvoirs ? Au nom de quelles images, de quels idéaux peut-on modifier les génomes des êtres vivants, remanier le mouvement général de l'évolution ? Chacun d'entre nous voit bien qu'à ce niveau de puissance, on ne saurait se contenter d'une adhésion naïve et optimiste au projet général des sciences et des techniques.

Le transformateur transformé ne saurait se transformer au nom de la raison raisonnante. Il ne peut se lancer dans ce projet qu'au nom de valeurs, de motifs autrement plus puissants que ceux venus des lumières rationnelles. Ce sont certainement des motivations du même type et tout aussi puissantes qui menèrent les fondateurs des sciences modernes, il y a quelques siècles, hors des chemins parcourus et reconnus par tous comme légitimes, et ils le firent explicitement : Giordano Bruno, Galilée, Descartes, Newton et quelques autres réalisèrent leur œuvre au nom

de la grandeur de Dieu, de ce versant mystérieux de la raison humaine qui, selon eux, la situait au cœur de l'entendement divin. Seules, des structures imaginaires profondes peuvent inspirer une telle volonté de transformation radicale de l'homme par lui-même. Sans doute faut-il affirmer que le versant imaginaire et mythique n'est pas en dehors des activités scientifiques et techniques : il se situe bien au contraire en leur centre. Mais plus que jamais l'activité critique et évaluatrice de la raison doit poursuivre son travail interminable, toujours en retard et pourtant nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

- BECK (H.), 1975 — *Kulturphilosophie der Technik*, Trier.
- CANGUILHEM (G.), 1980 — *La connaissance de la vie*, Paris, Vrin, (le chapitre « Machine et organisme »), p. 107.
- DÉTIENNE (M.) et VERNANT (J.-P.), 1978 — *Les ruses de l'intelligence, la métis des Grecs*, Paris, Flammarion, 320 p.
- GALILEI (G.), 1929-1939 — Lettres à Liceti, du 11 janvier 1641, in : *Le opere di Galileo Galilei*, Florence, Ed. A. Favaro, 20 vol., 2^e éd, vol. XVIII, p. 293.
- GEHLEN (A.), 1975 — *Die Seele im technischen Zeitalter*, Hamburg.
- HOFFMANN (E.T.A.), 1968 — *L'homme au sable*, Paris, Aubier-Flammarion, ed. bilingue, trad. G. Bianquis, p. 61.
- LEROI-GOURHAN (A.), 1965 — *Le geste et la parole*, tome II, Paris, Editions Albin Michel, p. 48.
- LEVI-STRAUSS (C.), 1958 — *Anthropologie structurale*, Paris, Plon, pp. 230-232.
- MAYR (E.), 1990 — *Histoire de la biologie*, Paris, Fayard.
- MEYRINCK (G.), 1969 — *Le Golem*, Traduction D. Meunier, Paris, Coll. Marabout, Stock.
- NEDOLUHA (A.), 1961 — *Geschichte der Werkzeuge und der Werkzeugmaschinen*, Wien.
- SCHELL (J.) et VAN MONTAGU (M.), 1980 — Le transfert génétique par l'intermédiaire du plasmide Ti. Nouvelles perspectives pour l'amélioration des plantes, *Bulletin de l'Institut Pasteur*, n° 78, pp. 119-138.

- TIBON-CORNILLOT (M.), 1979 — L'ordre rationnel et son destin ou l'état moderne et la société reconstruite, *Connexions*, n° 27.
- TIBON-CORNILLOT (M.), 1991a — Organismes vivants, organes artificiels in: *Corpus de l'Encyclopaedia Universalis*, Paris, pp. 785-794.
- TIBON-CORNILLOT (M.), 1991b — *Des automates aux chimères. Enquête sur la mécanisation du vivant*, thèse d'Etat, Université de Paris I, 1150 pages.
- TIBON-CORNILLOT (M.), 1992 — *Les corps transfigurés. Mécanisation du vivant et imaginaire de la biologie*, Paris, Seuil, 322 p.
- TIBON-CORNILLOT (M.), 1994a — La prudence n'est pas un devoir mais une nécessité, *Revue OCL (Oléagineux, Corps gras, Lipides)* n° 1, août-septembre.
- TIBON-CORNILLOT (M.), 1994b — Crise de la biologie, crise du droit : du code génétique à la biologisation des normes, *Droits*, n° 18.