

Science, technologie et société

Auparavant, les différentes disciplines collégiales de sciences de la nature n'avaient guère à tenir compte dans leur enseignement des rapports avec la technologie et la société. Mais comme pour la dimension historique, le nouveau programme de sciences de la nature leur en fait maintenant une obligation, entre autres par le biais de son objectif 9 : les élèves doivent en effet être en mesure d'« établir des liens entre la science, la technologie et l'évolution de la société ». On pourrait même interpréter en partie l'objectif 11 du même programme (« Situer le contexte d'émergence et d'élaboration des concepts scientifiques ») comme une référence supplémentaire à une telle obligation, puisque de nos jours, les concepts scientifiques peuvent difficilement « émerger » et « s'élaborer » indépendamment de la technologie qui les rend possibles.

Aussi ces deux objectifs posent-ils plusieurs questions difficiles : qu'est-ce d'abord que la technologie et que faut-il entendre au juste par ce terme ? Est-ce la même chose que la technique ? Quel est exactement son rapport à la science ? Sont-elles séparables ou celle-ci a-t-elle expressément besoin de celle-là ? Et comment comprendre au juste le lien entre la science et la société ? ou encore entre la technologie et la société ? Beaucoup de questions qu'il faut d'abord tenter de débroussailler quelque peu si l'on veut être en mesure de viser ces deux objectifs exigeants. Le présent texte cherche à poser quelques jalons sur cette voie. Il espère ainsi apporter sa modeste contribution au double travail qui attend les enseignantes et enseignants de sciences de la nature : la clarification et l'appropriation de ces deux objectifs particuliers.

Le champ STS

Lorsqu'on prend connaissance des recherches contemporaines sur les sciences et les techniques, on peut *grosso modo* les classer en trois catégories. La première d'entre elles propose une réflexion de type formel et elle est menée en général par des philosophes (ou parfois les scientifiques eux-mêmes) sous le nom d'épistémologie¹. Un second secteur étudie plutôt le développement des sciences et le fonctionnement actuel de la communauté scientifique sous l'égide de l'histoire ainsi que d'une discipline assez récente, la sociologie des sciences. Nous avons eu l'occasion de présenter brièvement cet autre domaine dans notre second texte². Enfin, un troisième centre d'intérêt, plus fluide et moins facile à cerner, se penche activement sur les rapports entre la science et la technique, sans oublier leur impact commun sur différents aspects de la société ou celui de la société sur elles, lesquels peuvent être analysés sous divers angles, plus ou moins complémentaires. Interdisciplinaire, ce domaine est volontiers exploré par des gens de tous les horizons, qu'ils soient philosophes, praticiens des sciences de la nature, historiens, sociologues, voire même politologues

¹ Voir le texte intitulé « L'épistémologie » dans la section *Dossiers chauds* du site Internet du Saut quantique (www.apsq.org/sautquantique).

² Voir encore, dans la même section, sur ce site, le texte « Histoire des sciences et pédagogie ».

ou économistes. Je propose de lire les énoncés des objectifs 9 et 11 du programme *Sciences de la nature* dans cette optique. Ce secteur a beaucoup évolué au cours du siècle dernier. À partir des années 1960, environ, il est même devenu un champ de recherche en soi, qu'on symbolise couramment par le sigle STS (pour Science, Technologie, Société). C'est ce qui sera étudié brièvement ici. Précisons d'entrée de jeu que ce domaine d'investigation inclut habituellement aussi une dimension liée à l'éthique. Mais cet aspect sera laissé de côté pour deux raisons. Tout d'abord, un autre des objectifs du nouveau programme, le dixième, porte explicitement sur ce point : l'élève, y précise-t-on, doit « définir son système de valeurs ». Par ailleurs, certains objectifs de programme peuvent être atteints en priorité par le biais des cours de la formation générale et c'est le cas de celui-ci, puisque le troisième cours de philosophie, le cours d'éthique, adapté aux familles de programme dans la plupart des collèges, le vise explicitement. On peut donc sans problème faire ici l'économie de cette dimension particulière des rapports STS.

Le rapport traditionnel entre science et technique

La réflexion sur les rapports entre science et technique a longtemps gravité autour de distinctions utiles et assez classiques³. Pour les situer correctement, il faut d'abord rappeler une évidence. L'être humain fonctionne à deux niveaux : c'est un être qui pense et qui agit. Le premier niveau est plus théorique, le second, plutôt pratique. Au plan théorique, la technique peut être vue comme l'adjuvant dont se sert la science pour comprendre le monde. On peut alors l'associer à l'instrumentation, laquelle se présente en général sous deux grands types : les instruments d'observation et les instruments de mesure. Les premiers donnent accès à de nouvelles régions de la réalité et facilitent la découverte de phénomènes inédits. C'est par exemple le cas du télescope de Galilée ou du microscope de Leeuwenhoek, qui, aux XVI^e et XVII^e siècles, ouvrent respectivement les mondes de l'infiniment grand et de l'infiniment petit⁴.

³ Pour circonscrire quelque peu la discussion, nous entendrons surtout ici *technique* au sens restreint, c'est-à-dire comme objet fabriqué par l'homme aux fins d'agir sur la nature ou de la comprendre. À titre d'illustration, songeons aux outils, aux armes ou aux instruments destinés à satisfaire les besoins humains. Mais il est évident que le mot a aussi un sens beaucoup plus étendu, et il s'applique également aux connaissances et aux procédés contrôlés et mis en œuvre pour obtenir un résultat, même si ceux-ci n'aboutissent pas forcément à une création matérielle ou instrumentale. Développé par l'homme dès le néolithique, l'élevage est par exemple l'un des plus importants moyens par lesquels il a assuré sa survie. C'est incontestablement une technique au sens large du terme, puisqu'il satisfait des besoins fondamentaux — alimentation, vêtement, etc. — et est réductible à des connaissances empiriques et à des processus déterminés, c'est-à-dire à un ensemble d'opérations successives et transmissibles. Malgré quoi on s'accordera sans doute pour dire que, contrairement à l'agriculture, qui naît à la même époque, l'élevage ne donne naissance à aucun instrument ou outil précis (à moins de considérer l'animal lui-même comme un instrument servant à la satisfaction du besoin humain, mais c'est là une extension sémantique assez discutable). Je ne conteste pas que cette acception plus large du mot *technique* soit elle aussi tout à fait légitime. Cependant, tout en n'étant jamais vraiment absente des pages qui suivent, elle n'y sera pas évoquée directement et on limitera surtout le propos au sens restreint du terme.

⁴ Un exemple récent et remarquable de cet accès à de nouveaux univers grâce à la technique s'est produit lors de l'invention de l'ordinateur. Par ses capacités de calcul, mais aussi de mise en images, il rend possible une modélisation extensive de divers phénomènes évanescents, par exemple la prévision météorologique. Comme la science a toujours été un processus de rationalisation du réel, l'ordinateur ouvre ainsi de nouvelles possibilités de compréhension et

Quant aux instruments de mesure, ils permettent pour leur part d'obtenir des résultats à la fois précis et objectifs. On songe, pour prendre une fois encore de célèbres exemples historiques, au baromètre de Torricelli ou à la balance de Lavoisier.

Si on suit cette ligne de pensée, la science serait donc essentiellement théorique et aurait une visée objective, le savant étant en principe désintéressé, alors que la technique, extension de la science, ne serait pour sa part que pratique, c'est-à-dire foncièrement utilitaire. Pour reprendre une expression célèbre du philosophe Bachelard, on peut dire qu'en ce sens, une technique serait de la théorie matérialisée. C'est d'ailleurs ainsi que les Grecs concevaient ce rapport, et cette hiérarchie les a poussés à négliger la technique qu'ils ont peu développée, bien qu'ils aient été les authentiques créateurs de la science. En effet, ils se voyaient d'abord comme des théoriciens, et c'est l'idéal qu'ils se fixaient. Ce qui signifie évidemment que ce qu'on a coutume d'appeler la science expérimentale, c'est-à-dire un mariage étroit de la théorie et de l'expérimentation qu'on associe spontanément de nos jours à l'idée même de science, est en fait une invention récente dans l'histoire, qu'on ne peut guère faire remonter plus loin qu'à la fameuse Révolution des XVI^e-XVII^e siècles⁵. De sorte que, pour les Grecs, la technique était au mieux un amusement, au pis, un abaissement. Ce qui a évidemment limité et même handicapé leurs recherches.

Pourtant, cette première distinction sur le rôle de la technique, toute confortée par l'exemple illustre des Grecs soit-elle, se heurte immédiatement à une objection incontournable : la technique apparaît en effet très longtemps avant la science elle-même. Pour exprimer la chose en termes paléontologiques, *Homo faber* a précédé *Homo sapiens*. À tel point d'ailleurs que, pour les anthropologues, la technique accompagne l'émergence même de l'être humain. De sorte que la découverte d'artefacts est l'un des plus sûrs moyens de savoir si l'on est en présence d'un authentique humain ou simplement d'un autre type de primate. La technique est donc consubstantielle à l'*Homo faber* et, par définition, elle a le même âge que lui. Ce n'est guère surprenant, étant donné que l'homme possède une constitution physique qui lui laisse peu de chance face à un environnement hostile : il court lentement, ne nage pas, ne vole pas, n'a ni griffes, ni carapace, etc. Son arme principale, c'est par conséquent son cerveau évolué et créatif. Dès l'origine, la technique joue donc pour lui un rôle de soutien : elle supplée ses carences corporelles dans une lutte féroce pour l'existence. Dans ces conditions, comment pourrait-elle bien constituer une simple application de la science ? Ce qui nous amène justement à la dimension pratique de l'être humain que nous évoquions tout à l'heure. Et, de ce second point de vue, la technique peut être considérée comme l'adjuvant dont se sert l'homme pour agir sur l'environnement et le transformer afin qu'il réponde à ses besoins. On peut alors l'associer aux outils primitifs — la roue, le levier⁶, etc. — ou encore, plus récemment, à la machine

modifie en profondeur les rapports entre théorie et pratique. (Voir à ce propos le n° 53 des *Cahiers de Science & Vie*, oct. 1999, intitulé *Comment l'ordinateur transforme les sciences*.)

⁵ En réalité, on trouve ici et là dans le passé des périodes où un tel mariage était déjà pratiqué. Par exemple, à l'époque hellénistique, certains combinaient sur une base régulière théorie et expérimentation. Songeons par exemple aux œuvres d'Archimède, d'Ératosthène, d'Archytas de Tarente, de Héron d'Alexandrie, et de tant d'autres éminents scientifiques de l'époque. Cependant, ces grands esprits semblent avoir constitué des exceptions.

⁶ C'est ce que, dans les traités de mécanique ancienne, on appelait les « machines simples ». Les Grecs en avaient identifié cinq : outre la roue et le levier, il s'agissait de la poulie, du coin et, enfin, de la vis sans fin, plus récente et que la tradition attribuait à Archimède. Ce fut leur

proprement dite⁷. Les Grecs ont travaillé sur les premières machines à l'époque hellénistique. Mais c'est à la Renaissance qu'elles apparaissent vraiment, et lors de la Révolution industrielle qu'elles prennent définitivement leur essor. En ce sens, le prototype de la technique agissant sur le monde est la machine à vapeur. Contrairement aux instruments de mesure ou d'observation, son but n'est pas d'aider à la compréhension de la nature, mais de faciliter la production. Dans son cas, par exemple, il s'agit de maximiser le travail. Dans une telle optique, et prenant appui sur la préséance historique de la technique, on a parfois pu présenter la science comme son simple prolongement théorique. C'est par exemple la thèse de Bergson dans *L'évolution créatrice*. En effet, fait-il valoir, la géométrie (en grec, *geo-metrein*, mesure de la terre) est d'abord apparue chez les Égyptiens pour délimiter les champs après les crues annuelles du Nil, l'observation astronomique pour aider à prédire le Destin chez les Babyloniens, l'alchimie pour changer le plomb en or, etc. Cependant, disons-le, cet ordre historique d'apparition, certes avéré, n'impose pas pour autant un renversement du lien de subordination habituel entre science et technique, car jamais une pratique empirique, quelle qu'elle soit, ne suffira à expliquer l'apparition d'une démonstration théorique, essence même de toute science. Les deux sont tout simplement d'un autre ordre⁸.

On se trouve donc en présence de deux grands types de techniques, chacune ayant sa fonction propre. Les premières chronologiquement, antérieures à la science, sont destinées, non à notre compréhension du monde, mais à sa maîtrise et à sa transformation : ce sont les outils, les armes et les machines. Quant aux autres, étroitement associées à la science, théories matérialisées, elles sont surtout destinées à faciliter la recherche grâce à la mesure ou à l'observation des phénomènes : il s'agit des instruments scientifiques.

La naissance de la technologie

Assez classique, cette vision des choses n'est évidemment pas fausse, mais elle est un peu trop tranchée pour rendre correctement compte de la nature des relations actuelles entre science, technologie et société. Sans l'abandonner, il faut l'étoffer quelque peu. Car, nous l'avons mentionné déjà, notre compréhension des rapports STS a subi des changements majeurs au cours du XX^e siècle. Pour deux raisons évidentes : d'abord l'évolution de la société, devenue, en partie grâce à la technique, d'une très grande complexité. Ensuite, à cause de la naissance même de la technologie, qui impose une nouvelle vision des rapports entre science et technique, mais aussi, on le verra, entre elles deux et la société.

combinaison dans divers systèmes qui permet de réaliser tous les grands travaux de l'Antiquité, depuis les pyramides d'Égypte jusqu'au Parthénon ou au Colisée de Rome.

⁷ Notons au passage que l'outil et la machine ont tous deux fonction d'agir sur le monde. Mais ce qui distingue la machine de l'outil, c'est sa complexité ; elle est en principe constituée d'un ensemble de mécanismes simples mis en relation fonctionnelle : roues, poulies, leviers, ressorts, bielles, chaudières, etc.

⁸ Voir à ce propos, sur le même site, dans le texte « Histoire et pédagogie des sciences », la différence entre condition nécessaire et condition suffisante.

Qu'est-ce donc alors que la technologie ? Comment la définir ? Et qu'est-ce exactement qui la différencie de la technique au sens courant du terme ? Essayons d'éclairer quelque peu ces questions, nettement plus ardues.

Le terme *technologie* nous vient de l'anglais. De nos jours, par contamination linguistique, beaucoup de gens l'emploient comme synonyme de *technique*. Mais à notre avis, il y a avantage à maintenir la distinction. Lorsqu'il est apparu en français, le terme *technologie* signifiait simplement une étude raisonnée de la technique, un domaine de recherche qui la prenait comme objet et étudiait entre autres les moyens les plus efficaces de la mettre en œuvre. Ce sens s'est conservé et il est encore utilisé aujourd'hui. Mais peu à peu, à mesure que progressait le XX^e siècle, une autre acception du terme, nouvelle et importante, en a considérablement élargi la portée. Pour la saisir correctement, revenons brièvement aux années 1900, peu avant la Première Guerre mondiale. L'aviation avait alors commencé à se développer. Dès 1897, le Français Ader avait fait voler sur quelques mètres un premier appareil, l'*Avion*⁹ et, six ans plus tard à peine, à Kitty Hawk en Caroline du Nord, les frères Wright, avec un tout autre type de mécanisme, quittaient eux aussi le sol sur une courte distance. Bref, l'avenir s'annonçait prometteur. Cependant, malgré l'audace des précurseurs et la curiosité du public qui y voyait la possibilité de réaliser un vieux rêve de l'humanité, les progrès de l'aéronautique demeuraient très lents. Ce qui a tout changé, ce sont les années 1914-1918. Les chancelleries et l'armée ont en effet compris que cette nouvelle invention pouvait donner un avantage décisif à une nation en guerre¹⁰. En fait, dès 1909, peu après que Blériot eût traversé la Manche en solitaire, le général Brun, alors ministre de la Guerre dans le gouvernement français, avait déjà commandé des appareils pour l'armée¹¹. Et, grâce au premier conflit mondial, les améliorations se sont succédées à un rythme foudroyant. L'aviation cesse alors d'être une simple invention parmi d'autres pour devenir un exemple de technologie à part entière. Qu'est-ce à dire ? Une technologie suppose tout d'abord une action concertée, souvent des hommes d'État et du pouvoir militaire, en vue d'un développement méthodique. Ainsi, l'avion devient vite utile pour l'observation des troupes ennemies et la reconnaissance des positions, puis pour l'attaque — ce qui mène à la naissance du bombardier et, en contrepartie, de la défense antiaérienne, la DCA. Une industrie lourde s'organise, de sorte que, en quatre ans à peine, la flotte française passe de 200 à 3 500 appareils. Ensuite, une technologie s'approprie un ensemble de techniques mises à sa disposition et les intègre progressivement, par exemple, dans le cas du nouvel appareil, la mitrailleuse, à l'origine montée sur les tourelles, ensuite un système de synchronisation avec l'hélice¹², etc. Elle fait enfin volontairement et systématiquement appel aux connaissances scientifiques modernes, par exemple, dans

⁹ Ader semble bien être l'inventeur du terme.

¹⁰ Le lien entre les inventions et la guerre est aussi ancien que l'humanité et, chez les premiers humains, il est parfois bien difficile de distinguer les simples outils des armes destinées à la défense du territoire ou à la chasse.

¹¹ Ader, voulant sans doute mousser la production de son invention, écrit d'ailleurs la même année un ouvrage intitulé *L'aviation militaire* où il s'applique à montrer les possibilités du nouvel appareil pour la guerre. Voir à ce propos « Ader, vite débauché par les militaires », *Historia*, mars-avril 1998, n° spécial sur *Les grandes inventions qui ont changé l'Histoire*, p. 68-72.

¹² Il fallait à tout prix faire en sorte que les tirs dirigés vers l'avant cessent de frapper les pales...

le cas qui nous occupe, celles sur la mécanique des fluides et la résistance de l'air¹³. Développement méthodique, mariage de nombreuses techniques et utilisation des connaissances scientifiques, ce sont là des ingrédients suffisants pour parler d'un nouveau phénomène, de *technologie*. Dans le cas de l'aviation, c'est le conflit mondial qui a ainsi fait passer une technique prometteuse à un tout autre niveau, mais ce n'est pas toujours le cas. Par exemple, on peut certes considérer la naissance du chemin de fer et de l'automobile au XIX^e siècle comme d'authentiques exemples de technologie, mais ce n'est pas la guerre qui a mené à leur exploitation méthodique. Cependant, il y a eu là aussi concertation des entreprises et de l'État : dans le cas du chemin de fer, en Angleterre dans la première moitié du XIX^e siècle, par le biais de la première Révolution industrielle, et dans le second cas, celui de l'automobile en Allemagne dans la seconde moitié du XIX^e siècle, par ce qu'on pourrait appeler la seconde Révolution industrielle (celle qui a mené au raffinage de l'essence et au moteur à explosion). Réserveons le terme pour un type de création particulière marquée par une série de facteurs très spécifiques. Leur liste exacte ne fera sans doute jamais l'unanimité, mais on peut considérer, me semble-t-il, les trois déjà identifiés comme assez significatifs. Appelons par conséquent *technologie* un système constitué d'un ensemble de techniques simples nécessaires à son fonctionnement et qu'il intègre efficacement¹⁴, qui incorpore en outre des connaissances scientifiques¹⁵, et qui, enfin, est méthodiquement développé, que ce soit par les gouvernements, les entreprises ou l'armée¹⁶. Prise en ce sens, la technologie constitue une nouvelle étape dans la longue histoire des techniques. Elle ne naît véritablement qu'au XIX^e siècle, et c'est au XX^e qu'elle explose littéralement, marquant profondément notre époque. Essayons à présent de voir en quel sens précisément.

L'exemple de la bombe atomique et du Projet Manhattan

La première moitié du XX^e siècle a engendré une véritable floraison technologique : aviation militaire, char d'assaut, sous-marin, radar, radio, télévision, avion à réaction, ordinateur, fusée, tissus synthétiques, automates domestiques, etc., la liste est presque interminable. Mais l'une de ces inventions se détache des autres à cause de sa force de suggestion, de sa capacité à frapper les esprits et à susciter des images de puissance illimitée. Il s'agit évidemment de la bombe atomique. Pourquoi cet exemple spécifique ? Ce qui s'était passé durant la Première Guerre mondiale avec l'aviation s'est reproduit, mais sur une échelle beaucoup plus vaste encore, lors de la Deuxième. En fait, on pourrait presque dire que 1914-18 fut une répétition générale

¹³ Nous avons déjà évoqué l'apparition de l'ordinateur. Dans le même esprit, faut-il rappeler les liens entre cette naissance et la théorie de l'information de Von Neumann ou, aujourd'hui, les développements concomitants de l'intelligence artificielle et des sciences cognitives ?

¹⁴ Il est donc, comme l'indique d'ailleurs son vocable, en lien direct avec la technique.

¹⁵ Par ce biais, on rejoint le sens originel du terme issu de l'anglais, puisqu'une telle inclusion suppose une réflexion approfondie sur la technologie en question.

¹⁶ Ce qui suppose évidemment la création de vastes laboratoires, industriels ou militaires, lesquels apparaissent à la fin du XIX^e siècle, et vont peu à peu se substituer aux laboratoires universitaires ou privés. Voir à ce propos le n° 51 des *Cahiers de Science & Vie* consacré aux *Premiers grands laboratoires*, juin 1999.

avant la représentation de la pièce véritable. Et la technologie elle-même a changé d'échelle. En effet, la bombe atomique est une arme. Mais c'est surtout un haut fait technologique et scientifique qui a amené une étape supplémentaire dans leur développement mutuel. En fait, la maîtrise de l'énergie atomique a profondément transformé l'évolution des connaissances, comme aussi la façon de mener la guerre et, on va le constater, la société elle-même¹⁷.

On se souvient des événements qui ont mené à sa création. En 1938, Hahn et Strassmann découvrent la fission nucléaire. Peu après, Meitner et Frisch en font la théorie et, dès 1939, Frédéric Joliot-Curie prouve expérimentalement qu'une réaction en chaîne est possible à partir du dégagement des neutrons. En juillet de la même année, Léo Szilard, exilé hongrois d'origine juive et physicien de renom, rédige en collaboration avec Teller et Wigner une lettre au président Roosevelt. Il y affirme que ces travaux récents montrent qu'une nouvelle forme d'énergie exceptionnellement puissante pourrait sans doute être tirée de la matière fissile. Il le prie instamment de mettre sur pied un groupe de travail qui pourrait étudier et, éventuellement, matérialiser cette possibilité. Afin de donner de la crédibilité à sa lettre, il la fait signer par Einstein en personne, avec qui il est lié depuis plusieurs années déjà. Dès le mois d'octobre, l'administration américaine met sur pied un Comité consultatif de l'uranium, lequel se penchera sur la question. Durant les deux années qui suivent, Szilard et Fermi vont ainsi travailler à la mise au point d'une pile à uranium-graphite. Le 16 décembre 1941, neuf jours à peine après Pearl Harbour, le Top Policy Group, qui comprend le président américain lui-même, décide d'arrêter les travaux sur la recherche civile pour concentrer toutes les ressources sur la production d'une bombe basée sur la libération de l'énergie nucléaire. C'est alors que les États-Unis vont se lancer dans le plus ambitieux projet scientifique et technologique de l'histoire. Le nom de code de cette entreprise sans précédent sera le *Projet Manhattan*. Elle s'étendra sur près de quatre années, pendant lesquelles les forces vives de la nation seront mises à contribution. Pour donner une idée de l'ampleur des travaux, rappelons que, selon P. Radvanyi et M. Bordry¹⁸, en 1945, « l'activité nucléaire atteindra un volume similaire à celui de toute l'industrie de l'automobile américaine à la même époque ». Après quarante-trois mois de recherches et d'essais, le 16 juillet 1945, une première explosion avait lieu à Alamogordo, dans le désert du Nouveau-Mexique. C'est alors qu'Oppenheimer, directeur scientifique du projet, prononça sa fameuse phrase : « Scientists have sinned ». À l'ombre de ce terrible présage, l'ère atomique venait brutalement de s'ouvrir.

Lorsqu'on examine le déroulement de cette opération, on peut dire que les trois caractéristiques habituelles de la technologie y sont présentes, mais sur une échelle jamais atteinte auparavant dans l'histoire humaine. On estime que le nombre de personnes impliquées dans le projet Manhattan a avoisiné les 140 000¹⁹. De plus, les connaissances scientifiques nécessaires étaient d'un niveau exceptionnellement élevé. Enfin, les Américains avaient mis sur pied, à Los Alamos au Nouveau-Mexique, une ville entière, à la fois entreprise et laboratoire de recherche fondamentale et

¹⁷ Cette appréciation théorique ne s'accompagne évidemment en aucun cas d'une valorisation éthique...

¹⁸ « Les multiples chemins d'un projet démesuré », dans *Le Projet Manhattan, Cahiers de Science et Vie*, n° 7, fév. 1992, p. 34. Je signale que cette livraison, exclusivement consacrée à ce sujet, est une véritable mine de renseignements concernant ce projet démesuré.

¹⁹ *Le Projet Manhattan, ibid.*

industrielle, destinée à la réalisation du projet. Tout cela est déjà remarquable. Mais en plus de l'échelle qui, bien qu'elle soit proprement stupéfiante, relève du domaine purement quantitatif, on doit noter une nouveauté qualitative importante qui, indépendamment des résultats ou des retombées que provoqua la réalisation de la bombe, en fait une date clé dans l'histoire des connaissances ou des techniques, voire dans l'histoire humaine. C'est que non seulement on fit appel à des techniciens pour développer et appliquer les connaissances scientifiques, comme cela avait été le cas pour l'automobile, l'aviation et les technologies antérieures, non seulement des employés de l'État ou des entreprises travaillèrent-ils là encore à son développement systématique, mais, pour la toute première fois, la science universitaire offrit d'un seul bloc son étroite collaboration. En fait, on conscrivit la crème des savants du siècle et ils formèrent la plus formidable équipe de cerveaux jamais réunie. À telle enseigne qu'à un moment ou à un autre, Szilard, Fermi, Oppenheimer, Teller, Wigner, Lawrence, Compton, Bethe, Feynman, Bohr, Chadwick, Von Neumann, Weiskopf, Urey, et j'en passe, bref, une partie appréciable du gratin mondial dans le domaine de la physique ou même des mathématiques et de la chimie, fut associée aux travaux. Ce fut en somme à la fois un changement d'échelle *et* une mutation qualitative. C'est pourquoi on a parlé à ce propos de l'acte de naissance de la « Big Science ».

Les changements apportés aux relations STS

Évidemment, une telle entreprise ne pouvait qu'entraîner de multiples conséquences et le visage de la science, autant que ses rapports avec la technologie ou la société, en fut modifié de façon profonde et durable. En fait, on peut identifier au moins quatre changements majeurs apportés aux rapports STS par l'entrée en scène de la « Big Science ».

Premièrement, le Projet Manhattan a complètement bouleversé les rapports entre la science et la technique. Si l'on excepte quelques grands esprits comme Hawking, une chose telle que la pensée pure a-t-elle encore quelque poids aujourd'hui ? Ou l'ancienne raison théorique n'est-elle pas devenue essentiellement instrumentale ? En tout cas, science et technique sont à présent difficilement séparables et on parle avec raison de *technoscience*. Il y a là un mouvement analogue à celui qui a mené au XIX^e siècle à l'apparition de la technologie. Celle-ci a peu à peu abandonné l'image classique de la technique comme simple application de la science. De nos jours, plutôt qu'à la science fondamentale, son développement est dû davantage à un facteur endogène comme l'ingénierie ou encore à des facteurs exogènes comme l'économie, la recherche militaire, voire la politique. De façon analogue, peut-on dire, la technoscience laisse derrière elle la conception classique de la science expérimentale. En fait, la science est entrée dans une ère nouvelle et un régime STS inédit s'est installé. Autrefois, le savant faisait progresser les connaissances théoriques et ces avancées entraînaient ensuite d'éventuelles applications pratiques. C'était l'âge béni de la neutralité scientifique et de ses retombées bénéfiques. Présentement, la technique précède au contraire la science ou se développe en parallèle, la plupart du temps indépendamment d'elle. Beaucoup de chercheurs croient même que, plus que jamais, elle est autonome, évoluant selon sa rationalité propre et échappant par conséquent au contrôle de l'être humain. C'est la thèse dite du technicisme, laquelle est un retour, sous un autre mode, à la conception bergsonienne. C'est dans un tel contexte qu'il faut situer l'extension massive du mouvement dit de recherche-développement (R&D), c'est-à-dire de la technologie qui pousse au progrès de la théorie dans le but avoué d'accompagner sa propre croissance. C'est ainsi que des hypothèses neuves émergent des applications. Un bon exemple est la théorie du chaos, née de l'utilisation de l'informatique. Sans l'ordinateur et la

possibilité de modéliser les systèmes sensibles aux conditions initiales, jamais elle n'aurait pu voir le jour²⁰.

En second lieu, on peut dire que le Projet Manhattan a déterminé le sort de la science moderne au sens où il lui a servi de modèle. Depuis, les grands projets technoscientifiques suivent à peu de choses près la voie qu'il a tracée. La conquête de l'espace par exemple, une autre illustration majeure de la « Big Science » contemporaine, a mêlé indissolublement objectifs politiques, science fondamentale, technologie, ingénierie, armement et considérations géostratégiques²¹. On peut même dire que, dans la plupart des cas, de tels liens vont aujourd'hui de soi et ils sont visibles dans tous les grands projets en cours, celui des biotechnologies n'étant que le dernier en date à les rendre manifestes²². C'est d'ailleurs pour décrire cette nouvelle réalité qu'Eisenhower avait forgé à l'époque la fameuse expression de « complexe militaro-industriel », laquelle a fait fortune. Encore une fois, l'informatique peut servir d'illustration. L'ordinateur n'est-il pas né avec la Seconde Guerre mondiale²³, tandis qu'Internet voyait le jour dans le contexte de la guerre froide²⁴?

Troisièmement, le Projet Manhattan a amené une évolution majeure de la société. Il a accéléré la fin de la Seconde Guerre²⁵ et, en ouvrant l'ère atomique, il a imposé, grâce à la dissuasion nucléaire, un équilibre de la Terreur sur lequel s'est ensuite appuyée la guerre froide. C'est ce que le sigle anglais M.A.D., la *Mutual Assured Destruction*, traduit fort bien. J'affirmais ci-dessus que la Première Guerre avait servi de répétition générale pour la Seconde. On peut en voir un symbole éloquent dans le fait suivant. C'est l'aviation, développée durant le premier conflit, qui a rendu possible la destruction massive des populations civiles. Et c'est encore elle qu'on a utilisée pour larguer la bombe, fine pointe de l'avancement technoscientifique, et raser les villes d'Hiroshima et Nagasaki. Dans le passé, la technique avait toujours influencé le devenir des sociétés, mais elle se limitait à certains domaines plus

²⁰ On sait que c'est en travaillant avec son Royal McBee sur les prévisions météorologiques que Lorenz a pu, tout à fait par hasard, jeter les bases de cette nouvelle approche qui, au-delà du très médiatique « effet papillon », s'est maintenant répandue dans presque toutes les branches du savoir. Voir à ce propos, dans la section « Dossiers chauds » du site du Saut quantique, « Quelques éléments de la théorie du chaos », de Philippe Etchécopar.

²¹ Il va sans dire que les grands projets actuels liés plus ou moins directement à la conquête spatiale suivent eux aussi un chemin analogue, qu'il s'agisse de la Guerre des étoiles ou de la station spatiale internationale.

²² La nature, matière inerte, était déjà depuis deux siècles objet d'industrialisation. La matière vivante, et éventuellement la nature humaine, est en voie de suivre le même chemin, avec toutes les conséquences que cela risque d'entraîner.

²³ Sur le contexte qui a mené à cette naissance, voir *Qui a inventé l'ordinateur ?*, *Cahiers de Science & Vie*, n° 36, déc. 1996.

²⁴ C'est pour protéger le système de défense américain contre une éventuelle attaque soviétique que l'on procéda aux premières mises en réseau des ordinateurs. Sur les étroits rapports contemporains entre technique, guerre et politique, voir les travaux de Paul Virilio, par exemple *Vitesse et politique* (Paris, Galilée, 1977), lequel, parmi ses ouvrages écrits dans un style souvent hermétique et rébarbatif, est peut-être le plus accessible.

²⁵ Cependant, signalons-le, la légitimité de l'utilisation de l'arme atomique sur le Japon a été souvent contestée.

spécifiques. C'était par exemple le cas, en économie, du secteur de la production, largement développé depuis la Révolution industrielle. Aujourd'hui, elle est au contraire devenue un facteur majeur d'évolution des mentalités parce que la technoscience crée un environnement artificiel qui se superpose à l'univers social.

En brouillant la frontière entre recherche civile et impératifs guerriers, en faisant de la science une institution parmi d'autres et, à ce titre, une condition de la puissance, non seulement économique (ce qu'elle était déjà depuis la Révolution industrielle), mais militaire, la Seconde Guerre a définitivement fait de la connaissance un instrument au service de la politique²⁶. De sorte que, devenues omniprésentes, la science et la technique envahissent à présent tous les secteurs de l'activité humaine²⁷ et créent une puissante pression de changement. À titre d'exemple, et pour demeurer dans le champ économique, le secteur tertiaire, celui des biens et services, fait maintenant l'objet d'une frénésie technologique attribuable en grande partie à l'informatisation. Certains évoquent même à ce propos une Troisième Révolution industrielle, au sens où, traditionnellement, la technique servait à entrer en relation avec la nature, alors qu'aujourd'hui, grâce aux moyens de communication, elle permet aussi d'entrer en contact avec les autres humains, sans évidemment se limiter au domaine économique. Cette impulsion occasionnée par l'univers technoscientifique est aussi particulièrement évidente dans les sociétés non industrialisées où la pression exercée par l'arrivée des techniques occidentales affecte en profondeur les valeurs et les mentalités. C'est ce que le philosophe Jean Ladrière appelle les « effets de déstructuration »²⁸. Par exemple, l'adoption de la motoneige par les Inuits a rapidement mené à l'abandon du traîneau à chien et a complètement modifié les techniques traditionnelles de chasse, entraînant du même coup un choix difficile entre le maintien des traditions ou l'adoption d'un mode de vie étranger à cette culture. Et la situation n'est pas très différente dans les sociétés capitalistes avancées. On sait le rôle joué depuis deux siècles par la machine dans le domaine économique : l'industrialisation tend à remplacer les travailleurs manuels et à déplacer la structure des emplois du secteur primaire vers les secteurs secondaire et tertiaire. Ce mouvement, bien connu et souvent analysé par les économistes et les sociologues, se poursuit aujourd'hui dans de nombreux domaines, dont les secteurs forestier ou des pêcheries. En pareille matière et bien qu'on en parle moins, le champ social n'est pourtant pas en reste. Après la guerre, par exemple, alors que les usines américaines tournaient à plein régime, l'usage généralisé de l'automobile, devenue un véritable

²⁶ Comme l'affirment à qui mieux mieux les patrons actuels, qui ont adapté cette prise de conscience à l'ère postmoderne, « l'information, c'est le pouvoir ! »

²⁷ Ce qui, étant donné la complexité des relations actuelles, occasionne parfois des retombées sociales tout à fait inattendues. Un bon exemple en est le téflon découvert en 1939 par Roy Plunkett dans le cadre de son travail à l'emploi de la compagnie américaine Du Pont. C'est en entendant parler des propriétés remarquables de ce nouveau matériau que le général Groves, administrateur responsable du Projet Manhattan, en ordonna la fabrication sur une large échelle. Le téflon s'avérait en effet fort utile pour la protection des systèmes d'extraction des matières fissiles, qui étaient soumis à des réactions hautement corrosives. C'est beaucoup plus tard seulement que cet étonnant matériau fut utilisé en médecine et pour les ustensiles de cuisine. Pour un récit détaillé de cette découverte et de ses nombreuses applications ultérieures, voir Jean-René Roy, *Les héritiers de Prométhée*, Québec, PUL, 1998, p. 22 sq.

²⁸ Jean Ladrière, *Les enjeux de la rationalité — Le défi de la science et de la technologie aux cultures*, Montréal, Liber, 2001, chap. 4, pp. 85-104.

mythe²⁹, a entraîné une modification majeure du tissu urbain, favorisant l'étalement des villes et la création des banlieues.

Enfin, quatrième et dernière conséquence majeure, l'entrée dans l'ère atomique a complètement bouleversé les rapports entre la société et la science. La perception de celle-ci, et par voie de conséquence, du scientifique lui-même, s'en est trouvée transformée en profondeur. Le déchaînement de l'énergie atomique a sidéré les hommes, qui, comme toujours, se sont inclinés devant la puissance. Ayant perdu son innocence traditionnelle (songeons une fois encore au terrible mot d'Oppenheimer), la science est devenue *mana* pour une partie du public, et son image a cristallisé une forme d'ambivalence habituelle dans ce genre de situation, c'est-à-dire à la fois une admiration sans borne et une crainte superstitieuse. Une telle admiration a entre autres généré un idéal discutable, celui de la technocratie liée à l'extension de la R&D — après tout, se disent certains, nous vivons sous le règne du spécialiste et de son expertise. Dans un tel contexte s'est accrue l'importance de la transmission de l'information aux profanes, c'est-à-dire la vulgarisation³⁰. À cet aspect positif (du moins pour certains), il faut cependant adjoindre la dimension négative de l'ambivalence, c'est-à-dire la crainte devant ce qui nous dépasse. L'après-guerre a ainsi vu se répandre le mythe du savant fou et de la science déboussolée. Son exploitation massive par la culture populaire (entre autres la bande dessinée, la science-fiction et le cinéma³¹) n'a évidemment pas tardé.

* * *

Ce double visage de la technoscience, alternativement bienveillante ou malveillante, traduit la distance qui s'est établie dans l'esprit du public entre ses capacités prodigieuses et la vague compréhension qu'il en possède. D'où l'importance d'une solide culture scientifique, que ce soit pour l'homme de la rue ou le futur expert. En ce sens, il faut se féliciter de l'inclusion dans le programme collégial *Sciences de la nature* de nombreux objectifs destinés à développer une réflexion approfondie sur la grandeur, mais aussi les limites de la science et de la technologie. J'ai proposé de mener une telle réflexion sur trois plans, l'épistémologie, l'histoire et la sociologie des sciences ainsi que les rapports STS, qui ont chacun fait l'objet d'un texte destiné au site du Saut quantique. Par sa brève analyse, « Science, technologie et société » a voulu prendre spécialement en considération les objectifs 9 et 11 du nouveau programme collégial et clore ainsi le cycle. Comme les deux textes précédents, il vise à jeter un peu de lumière sur un débat vaste et difficile qui nous concerne tous, qu'on le veuille ou non. Car l'irruption massive de la technologie et de la technoscience sur la

²⁹ L'émergence de l'adolescence sur la scène sociale ou comme marché cible pour les entreprises n'a-t-elle pas été fortement favorisée par l'idéologie de la bagnole ?

³⁰ Dont les exigences sont si astreignantes qu'elles finissent parfois par dévorer certains des chercheurs qui y cèdent. Ils sont alors littéralement happés par la frénésie médiatique et cessent toute recherche. Ces dernières années, le domaine francophone en a vu deux exemples malheureux : Hubert Reeves et Albert Jacquard. Heureusement, l'importance d'une vulgarisation de qualité compense sans aucun doute de telles pertes...

³¹ On sait à quel point Hollywood en a entre autres fait ses choux gras, transformant le thème en véritable filon...

scène de nos sociétés en a changé durablement le visage. Aussi ces trois niveaux, distincts mais complémentaires, constituent-ils à mon humble avis les volets souhaitables d'une culture scientifique entendue en un sens large. Seule leur conjonction étroite est apte à proposer une image d'ensemble de phénomènes aussi complexes et, en dernière analyse, à en prendre la mesure.

Jean-Claude Simard
Professeur de philosophie
Cégep de Rimouski