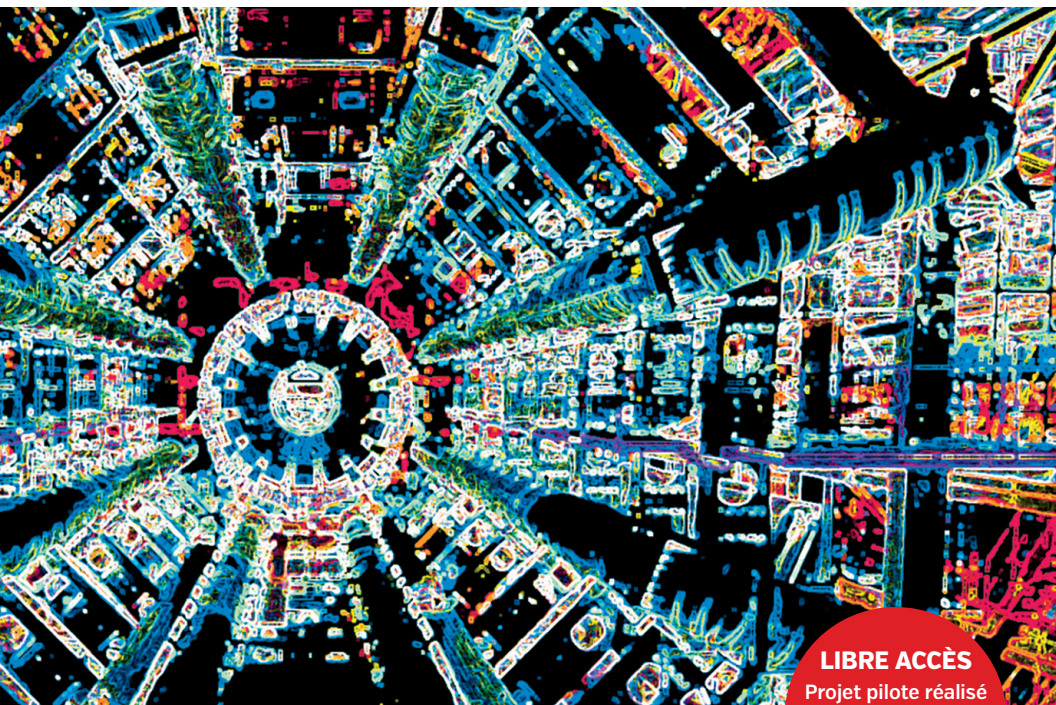


Sous la direction de

Julien Prud'homme, Pierre Doray et Frédéric Bouchard

# Sciences, technologies et sociétés de **A à Z**



**LIBRE ACCÈS**

Projet pilote réalisé  
en collaboration avec  
la Direction des  
bibliothèques  
de l'UdeM.

Les Presses de l'Université de Montréal



**SCIENCES, TECHNOLOGIES ET SOCIÉTÉS  
DE A À Z**



# Sciences, technologies et sociétés de A à Z

Sous la direction de  
Julien Prud'homme, Pierre Doray et Frédéric Bouchard

**Les Presses de l'Université de Montréal**

Mise en pages : Yolande Martel

*Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
et Bibliothèque et Archives Canada*

Vedette principale au titre :

Sciences, technologies et sociétés de A à Z

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 978-2-7606-3495-4

1. Sciences – Aspect social – Dictionnaires français.

2. Technologie – Aspect social – Dictionnaires français.

I. Bouchard, Frédéric, 1975- . II. Prud'homme, Jocelyn.

Q175.5.S3422 2015

303.48'303

C2015-940519-X

Dépôt légal : 2<sup>e</sup> trimestre 2015

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

© Les Presses de l'Université de Montréal, 2015

ISBN (papier) 978-2-7606-3495-4

ISBN (ePub) 978-2-7606-3497-8

ISBN (PDF) 978-2-7606-3496-1

Les Presses de l'Université de Montréal reconnaissent l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise du Fonds du livre du Canada pour leurs activités d'édition et remercient de leur soutien financier le Conseil des arts du Canada et la Société de développement des entreprises culturelles du Québec (SODEC).

IMPRIMÉ AU CANADA

## Remerciements

Derrière chaque projet collectif se cache une histoire de collaborations et de curiosités partagées. Le présent ouvrage est le fruit d'un travail de longue haleine qui a mis à profit les réseaux de collaboration interdisciplinaire propres au Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST). Le CIRST rassemble une quarantaine de chercheurs provenant d'une dizaine d'institutions et d'autant de disciplines des sciences humaines et sociales. Parmi plusieurs partenaires précieux, soulignons en particulier l'UQAM et l'Université de Montréal ainsi que le Fonds de recherche du Québec – Société et culture. Le soutien de nos partenaires nous permet d'apporter une contribution concrète à la recherche fondamentale en sciences humaines et sociales, recherche qui s'avère un guide essentiel pour comprendre et gérer les transformations de nos sociétés.

L'idéation du volume et la révision des textes ont largement profité de l'apport d'un comité scientifique composé de Jean-Pierre Beaud, Yves Gingras, Serge Proulx et Majlinda Zhegu, dont le travail remarquable a constitué la pierre d'assise du projet. Martine Foisy, coordonnatrice au CIRST, a aussi joué un rôle essentiel dans la bonne marche des opérations. J'en profite finalement pour remercier les deux autres codirecteurs de rédaction, Julien Prud'homme et Pierre Doray, sans qui ce volume n'aurait pas vu le jour.

FRÉDÉRIC BOUCHARD



## Parlez-vous STS ?

*Julien Prud'homme*

« Sautez cette introduction », écrivait Ian Hacking en présentant la *Structure des révolutions scientifiques* de T. Kuhn, « revenez-y plus tard si vous le souhaitez<sup>1</sup> ». Un sage conseil, lorsque l'on tient un ouvrage atypique entre ses mains.

Quand a-t-on commencé à réfléchir sur la science, sur ce que nous faisons du savoir et sur ce qu'il fait de nous en retour ? Quand cessera-t-on de penser la technologie, avec qui nos contacts s'intensifient chaque jour ? Le projet de ce livre est de récapituler cette pensée curieuse, de la stimuler et de la diffuser. Le public, les étudiants, les décideurs et les chercheurs devraient y voir tant un outil de référence pratique qu'une occasion de réflexion. En l'abordant depuis leurs propres préoccupations, ils y trouveront des repères – des définitions, des bilans sur l'état de la recherche, des problèmes non résolus, des propositions originales, des bibliographies, des indications succinctes et claires pour s'y retrouver dans une vaste littérature et guider en connaissance de cause leur réflexion sur la dimension humaine des sciences et des technologies.

Il n'existe pas vraiment de dictionnaire accessible et en français sur l'étude sociale du fait scientifique et technique – ce que l'on appelle le champ « STS », pour « science, technologie et société »<sup>2</sup>. *Sciences*,

---

1. Ian Hacking, « Introductory Essay », Thomas S. Kuhn (2012 [1962]), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, p. vii.

2. Le manuel de Dominique Vinck et le *Guide* de Michel Wautelet et de ses collaborateurs offrent des travaux de belle qualité, quoique de facture différente : Dominique Vinck (2007), *Science et société. Sociologie du travail scientifique*, Paris, A. Colin, 302 p. ; Michel Wautelet, Damien Duvivier, Pierre Ozer et Bernard Querton (2014), *Sciences, technologies et société. Guide pratique en 300 questions*, Bruxelles, De Boeck (4<sup>e</sup> édition).

*technologies et sociétés de A à Z* remplit cet office. Activement parcouru, il révèle la trame, le vocabulaire, les questions et la mouvante unité d'une communauté de pensée et de recherche, vouée à la saisie critique des sciences et des technologies entendues comme phénomènes humains et sociaux. À force de le parcourir en tous sens, d'en exploiter les renvois et d'en écumer l'index, on pourrait bien se surprendre à le lire d'un trait.

Chaque entrée présente l'état des recherches sur un aspect précis de l'étude des sciences et des technologies, en rendant compte tant des acquis de la recherche que des débats théoriques ou méthodologiques en cours. Travail collectif, fruit du réseau d'expertise, de la culture de l'échange et des projets communs du Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), l'ensemble mobilise plusieurs disciplines – sociologie, philosophie, management, communication, science politique, histoire, économie ou scientométrie – tout en mettant en avant les concepts transversaux et les échanges interdisciplinaires qui transcendent ces divisions.

Le territoire couvert est vaste. Les sciences et les technologies forment un ensemble étendu, constitué de savoirs et de concepts intégrés dans des théories, des pratiques et des objets physiques qui orientent l'action sociale, et plus précisément interagissent avec les acteurs sociaux (concepteurs et usagers, individuels et collectifs) qui s'emploient pour leur part, de manière continue, à les produire et à les transformer. Production, diffusion, mise en œuvre et évaluation réflexive des sciences et des technologies se mêlent ainsi constamment, générant des situations complexes que les individus et les collectivités doivent s'approprier. Au-delà d'un dictionnaire, nous offrons en quelque sorte un atlas du rapport contemporain à la science et à la technologie.

Ces situations sont abordées de multiples manières. On peut distinguer trois veines principales de réflexion et de recherche. La première est une sociologie historique et une épistémologie en contexte: elle raconte la formation des idées et des institutions savantes, décrit les cadres intellectuels et sociaux des propositions scientifiques, identifie les ressorts du changement dans la pratique de la science. À la fois une histoire des idées et un rappel du poids des contextes, elle fait voir autrement les trajectoires actuelles de la pensée et de l'université. Elle dialogue avec des approches plus normatives, en quête de meilleures

règles épistémologiques ou éthiques, pour penser la tension entre les normes idéelles et l'historicité des pratiques.

Une seconde veine de questions concerne la création et le devenir de l'objet technique. Des approches variées révèlent une technologie à la fois produite, diffusée, et appropriée. La recherche peut adopter une facture ethnographique et documenter le poids des interactions sociales dans ces processus. Elle peut aussi se concentrer sur l'influence d'acteurs plus institués, comme l'État ou l'entreprise privée, sur le dynamisme de l'innovation. D'autres s'attardent à l'impact des technologies sur la participation sociale, identifiant les demandes croissantes pour une plus grande interaction entre producteurs et usagers – qu'il s'agisse de firmes commerciales ou de communautés d'internautes. On peut aussi se préoccuper des lieux pratiques de la diffusion du savoir, comme l'école, le musée ou les médias de masse.

Les sciences et les technologies, enfin, sont des choses qui se gèrent – de plus en plus, d'ailleurs. Une troisième veine de réflexion pense l'optimisation de cette gestion. La propriété intellectuelle, la valorisation de la technologie et la mesure des performances scientifiques à des fins académiques ou commerciales mobilisent beaucoup d'efforts et comportent des écueils à éviter. Les équilibres délicats entre la collaboration, la compétition et le contrôle, entre le local, le national et le mondial, entre l'organisationnel, l'économique et le politique, supposent une réflexion fine et informée.

Cette brève typologie épuise-t-elle les possibles d'une interrogation critique des sciences et des technologies dans leur contexte social ? Le champ est si fécond qu'il faut s'attendre à des mutations continues. Anticiper cet avenir exige aussi des outils pour rendre intelligible le mouvement des sciences et des techniques. Les quatre-vingt-deux entrées offertes ici dressent un panorama englobant des réflexions en cours et un portrait suffisamment structuré et accessible pour s'y repérer.

Un tel compendium rappelle l'importance d'un dialogue ancré dans un vocabulaire précis et une curiosité partagée entre tous les penseurs désireux d'entretenir une relation intelligente et policée à ce fait social sans précédent qu'est l'essor des sciences et des technologies. Ce dialogue est exigeant, mais la maîtrise de notre avenir commun ne requiert-elle pas une meilleure compréhension du potentiel et des limites de la science ?



## Alliances technologiques

*Jorge Niosi*

Il y a quelques années, le mot « coopération » ne figurait pas dans les dictionnaires de sciences économiques (comme ceux de Pearce ou encore de Bannock et de ses collaborateurs). La coopération est pourtant omniprésente dans l'économie. Les employés de chaque organisation coopèrent régulièrement entre eux. Les gouvernements de divers pays coopèrent dans des organisations internationales comme l'OCDE, l'ONU, l'ONUDI, l'UNESCO, mais aussi dans des marchés régionaux comme l'Union européenne, le MERCOSUR ou l'ALENA. Même dans la théorie économique, le concept de coopération gagne du terrain avec les travaux d'Elinor Ostrom, une économiste américaine qui a montré que les agents économiques peuvent coopérer pour éviter la destruction des biens publics et gérer collectivement ces biens.

Les entreprises privées coopèrent aussi entre elles. Elles le font pour partager certaines ressources et certains équipements (au sein de coopératives agricoles, par exemple), pour conclure des accords commerciaux (comme les alliances entre compagnies aériennes), mais aussi pour créer de nouvelles technologies ou pour en maximiser les rendements (voir *Invention et innovation* et *Économie de l'innovation*).

L'économie traditionnelle (néoclassique) affirme que la productivité et l'équilibre (la main invisible de l'économie) sont guidés par la concurrence. Depuis une vingtaine d'années, la notion de coopération brouille toutefois cette image darwinienne de la lutte pour la survie entre les agents économiques (individus, entreprises et organisations, y compris gouvernementales). De nouveaux modes de gestion, basés sur les routines des firmes asiatiques, et une analyse plus empirique et plus fine de la vie économique ont remis la coopération à l'ordre du jour, notamment sur le plan technologique.

Les raisons qui expliquent l'existence de ces alliances technologiques sont nombreuses : réaliser des économies d'envergure et de variété, accéder à de nouveaux marchés, réduire les coûts de la recherche-développement, recevoir des connaissances et des technologies complémentaires, ou obtenir du financement pour la R-D (voir *Recherche et développement*).

Les alliances technologiques entre les entreprises sont de divers types : horizontales lorsqu'elles ont lieu entre des entreprises de la même industrie (par exemple, entre P&W Canada et l'Allemande MTU pour produire des moteurs d'avion), verticales lorsqu'elles surviennent entre un assembleur ou usager et un fournisseur de pièces ou de composantes (par exemple, Hydro-Québec et ABB, ou bien Bombardier et P&W Canada), ou latérales lorsqu'elles surviennent entre des sociétés provenant de secteurs industriels différents et qui coopèrent pour donner une nouvelle utilisation à des composantes connues (par exemple, entre les industries des semi-conducteurs et de l'horlogerie).

Lorsque ces accords technologiques impliquent des montants réduits ou des technologies peu stratégiques, les coopérants ne se donnent pas souvent la peine de formaliser par écrit leur collaboration. Des entreprises se consultent ainsi régulièrement sur des questions technologiques sans être obligées de rédiger de longs et coûteux contrats. Par contre, lorsque des sommes importantes sont en jeu, ou lorsque des technologies-clés, actuelles ou d'avenir, mettent en cause l'existence même de la compagnie, les entreprises signent des accords de coopération (terme le plus souvent employé pour désigner ces accords).

La coopération entre organisations semble plus fréquente lorsque les recherches sont de type précompétitif. Plus près de la phase de la commercialisation, les entreprises sont moins enclines à coopérer, mais lorsqu'elles le font les montants investis sont plus substantiels. Par ailleurs, les petites et moyennes entreprises mènent un pourcentage plus élevé de leur R-D en coopération que les grandes sociétés, même si, à long terme, elles bénéficient moins de la coopération technologique que les grandes entreprises à cause de leurs limitations sur le plan de la taille et des ressources.

Les gouvernements ont emboîté le pas aux entreprises et autres organisations impliquées dans la coopération. Ils l'ont fait d'abord en modifiant les lois anti-trust qui auraient empêché la collaboration entre sociétés de la même industrie (voir *Évolution de la réglementation*). Ils ont aussi modifié plusieurs politiques de science, technologie et innovation afin de susciter la coopération non seulement entre les entreprises, mais aussi entre les universités et les entreprises, les laboratoires publics et les entreprises, et entre les universités et les laboratoires d'État (voir *Université*). L'Union européenne, par exemple, a multiplié les pro-

grammes en vue d'accroître la coopération entre organisations de divers pays, organisations qui jusqu'à la fin des années 1980 s'étaient cantonnées à des alliances purement nationales (voir *Internationalisation de la R-D*). Il s'agit de programmes cadres dont le dernier, le septième, est actuellement en cours avec une dotation de plus de 50 milliards d'euros, témoignant de l'importance croissante attribuée à la coopération.



- Alic, J. (1990), « Cooperation in R&D », *Technovation*, vol. 10, n° 5, p. 319-332.
- Bannock, G., R. E. Baxter et Evans Davis (1998), *Dictionary of Economics*, Londres, Wiley.
- Chun, H. et S. B. Mun (2012), « Determinants of R&D cooperation in small and medium-sized enterprises », *Small Business Economics*, vol. 39, n° 2, p. 419-436.
- Niosi, J. (1995), *Vers l'innovation flexible: les alliances technologiques de l'industrie canadienne*, Presses de l'Université de Montréal.
- Ostrom, E. (2010), « Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems », *American Economic Review*, vol. 100, n° 3, p. 641-672.
- Pearce, D. W. (dir.) (1983), *The Dictionary of Modern Economics*, Boston, MIT Press.

## Amateurs

*Lorna Heaton*

La participation des amateurs à la production scientifique n'est pas un phénomène nouveau, particulièrement dans les « sciences de terrain » où la dimension descriptive tient une place importante. En botanique, comme en astronomie, elle remonte au 19<sup>e</sup> siècle. La production de cartes géographiques est liée aux pratiques d'amateurs au moins depuis que Waldseemüller a dessiné et nommé l'*America* en 1507. Cependant, le développement de l'informatique et la prolifération des outils et supports numériques, depuis la fin des années 1990, permettent d'envisager la participation des amateurs et du grand public à la recherche scientifique comme une stratégie de recherche réaliste pour certains problèmes scientifiques. En fait, le nombre de projets qui sollicitent la participation des amateurs explose, au point où nous avons vu l'émergence de portails spécialisés afin de connecter projets et contributeurs. Les technologies numériques ont joué un rôle structurant dans l'émergence d'une pratique amateur structurée. Elles permettent la multiplication

d'enceintes informelles de partage des connaissances, au point de transformer des amateurs en «travailleurs invisibles» de la science. L'émergence de ces nouvelles pratiques est aussi directement liée à de nouveaux outils d'observation (GPS personnels, par exemple), de production, d'agrégation et de partage de données. Ces technologies permettent une stabilisation de certaines connaissances en les standardisant sous forme de données mises en bases interopérables (voir *Infrastructure sociotechnique* et *Réseau socionumérique*).

Dans la majorité des projets nord-américains, les amateurs sont rarement impliqués dans la définition des questions ou dans l'interprétation des résultats. Ils joueraient plutôt un simple rôle de «capteurs»: les amateurs sont mobilisés pour former un «réseau de senseurs humains» pour la collecte de données (projets *eBird* et *Monarch Watch*) ou le traitement de données (*Stardust@Home*, *Galaxy Zoo*). Les projets de traitement de données s'appuient sur des capacités de reconnaissance de motifs et de résolution de problèmes (*Foldit*) qui dépassent la capacité d'ordinateurs individuels. À titre d'exemple, dans *Galaxy Zoo*, des amateurs aident à la réduction des données en classifiant des images de galaxies selon leurs formes.

Même si la contribution des amateurs est généralement restreinte et cadrée dans les projets définis et gérés par des équipes de scientifiques, leur participation peut permettre une véritable production de connaissances scientifiques (voir *Innovation ouverte*). Au-delà du traitement d'images, les participants de *Galaxy Zoo* ont fait des découvertes, tel le «Voorwerp de Hanny», un nouvel objet astronomique découvert en 2007, ce qui a soulevé de nouvelles questions scientifiques. Dans un autre cas, le jeu vidéo *Foldit* sur le repliement de protéines est basé sur des algorithmes connus. Dans certains cas de figure, le jeu a permis de résoudre des problèmes épineux en seulement quelques jours. Ces solutions fournissent des pistes pour la conception de nouvelles protéines, telles que de nouveaux catalyseurs pour la photosynthèse ou des protéines capables de s'attaquer à des virus comme ceux du sida ou de la grippe H1N1. Enfin, comme il existe une multitude de façons de résoudre des problèmes de ce type, les chercheurs espèrent améliorer les algorithmes employés par les logiciels de pliage des protéines en analysant les solutions proposées par de multiples contributeurs.

Les amateurs prennent une place nouvelle dans la production des connaissances scientifiques. Leur participation renvoie davantage à des formes de division du travail dans la chaîne de production des connaissances scientifiques. Ces formes de participation ne sont pas exactement celles qu'avaient caractérisées les interactions entre savoirs profanes et savoirs experts ayant donné lieu à l'émergence plus ou moins réussie de forums hybrides dans l'environnement médical – nous pensons ici aux interactions entre malades devenus porte-parole de leur propre maladie et médecins soignants.

Les amateurs semblent vouloir se spécialiser dans la production et la circulation de connaissances scientifiques se situant en amont ou à côté des connaissances académiques classiques. Ces domaines de connaissances relèvent de la vulgarisation scientifique, de l'instrumentation technique ou des infrastructures informationnelles (bases de données). Cette participation est étroitement liée à l'usage des médias sociaux et du Web 2.0. Tout en créant des espaces de communication facilitant les interactions entre professionnels et amateurs (« collèges invisibles » et « petite science »), ces nouvelles plateformes offrent des possibilités pour la participation du plus grand nombre à la coproduction des connaissances scientifiques.



- Benkler, Yochai (2007), *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*, New Haven, CT, Yale University Press.
- Bonney, R., H. Ballard, R. Jordan, E. McCallie, T. Phillips, J. Shirk et C. Wilderman (2009), *Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report*, Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE), Washington, D.C.
- Charvolin, F., A. Micoud et L. K. Nyhart (dir.) (2007), *Des sciences citoyennes ? La question de l'amateur dans les sciences naturalistes*, Paris, Éditions de l'Aube.
- Cooper, S., F. Khatib, A. Treuille, J. Barbero, J. Lee, M. Beenen, A. Leaver-Fay, D. Baker, Z. Popović et Foldit (2010), « Predicting protein structures with a multiplayer online game », *Nature*, vol. 466, p. 756-760.
- Epstein, S. (1996), *Impure Science: AIDS, Activism, and the Politics of Knowledge*, Berkeley, University of California Press.
- Goodchild, Michael F. (2007), « Citizens as sensors: the world of volunteered geography », *GeoJournal*, vol. 69, p. 211-221.
- Kelling, S., J. Yu, J. Gerbracht et W. K. Wong (2011), « Emergent Filters: Automated Data Verification in a Large-Scale Citizen Science Project », eScienceW, p. 20-27, 2011 IEEE Seventh International Conference on e-Science Workshops.

- Lievrouw, L. (2010), « Social Media and the Production of Knowledge: A Return to Little Science? », *Social Epistemology*, vol. 24, n° 3, p. 219-237.
- Neilsen, M. (2012), *Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science*, Princeton University Press.
- Rabeharisoa, V. et M. Callon (1999), *Le pouvoir des malades: l'association française contre les myopathies et la recherche*, Paris, Presses des Mines.
- Wiggins, A., Newman, G., Stevenson, R. D. et Crowston, K. (2011), « Mechanisms for Data Quality and Validation in Citizen Science », *e-Science Workshops*, IEEE Computer Society, p. 14-19.
- Wiggins, A. Crowston, K. (2011), « From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science », *HICSS*, vol. 44.

## Analogie et métaphore en sciences

*Jean-Pierre Marquis*

Les analogies et les métaphores jouent un rôle central dans la pensée humaine en général et dans les sciences en particulier. En sciences, elles ont un statut ambigu. D'une part, puisqu'elles constituent un outil central ou fructueux de la pensée humaine, il n'est pas étonnant de voir les analogies jouer un rôle important dans la pensée scientifique, surtout lorsqu'on explore cette dernière sous l'angle de la créativité. Cette fonction des analogies, qui apparaît dès la naissance de la science occidentale, y prend un statut particulier de par la nature des analogies exploitées par les scientifiques, puisque ces analogies n'ont pas la même « profondeur », pour ainsi dire, que la majorité des analogies employées au quotidien. D'autre part, le raisonnement par analogie étant manifestement invalide et n'apportant, de ce fait, aucune justification aux conclusions qu'il entend défendre, les analogies et les métaphores sont en général proscrites du discours scientifique officiel (voir *Science et Connaissance tacite*). Bref, bien qu'indispensables dans le processus de création scientifique, les analogies et les métaphores doivent être purgées de la justification du discours scientifique. Elles seraient comme les échafauds permettant de construire un édifice et que l'on fait disparaître une fois celui-ci terminé. Toutefois, certains philosophes ont argumenté que les modèles scientifiques eux-mêmes seraient des métaphores ou des analogies (voir *Modèles scientifiques*). Notons également qu'elles réapparaissent dans l'enseignement des sciences, aspect

dont nous ne discuterons pas ici. Avant de commenter ces différentes dimensions, clarifions brièvement la nature des termes impliqués.

Étant donné un objet ou système  $X$  ayant les propriétés  $A1, \dots, An, \dots$  et un objet ou système  $Y$  ayant les propriétés  $B1, \dots, Bn, \dots$ , une analogie entre  $X$  et  $Y$  est une correspondance (souvent partielle) entre les attributs de  $X$  et les attributs de  $Y$ . On dit que  $X$  est la source de l'analogie et qu' $Y$  en est le but; le but est souvent le système que le chercheur tente de comprendre grâce à l'analogie. Ainsi, on présente souvent le modèle de l'atome de Bohr comme une analogie entre le système solaire et l'atome. De même, on parle du modèle des boules de billard pour les gaz comme d'une analogie entre les gaz et des boules de billard qui se déplaceraient dans l'espace. On se contente parfois de dire que des systèmes  $X$  et  $Y$  sont analogues s'ils sont semblables ou similaires sous certains aspects pertinents.

Une métaphore, par ailleurs, est généralement entendue comme une analogie dans laquelle la correspondance s'effectue par le biais d'une fusion, c'est-à-dire qu'on attribue directement au but certaines propriétés de la source, ou encore que la comparaison est laissée implicite, ce qui donne le même résultat. Un exemple classique de métaphore littéraire est « l'homme est un loup ».

Les philosophes ont réintroduit les analogies et les métaphores dans leur analyse du discours scientifique en affirmant que les modèles scientifiques étaient des métaphores – nous dirions aujourd'hui que certains modèles sont analogiques et qu'il existe d'autres types de modèles scientifiques. Max Black et Mary Hesse ont été, dans les années 1960, les instigateurs de cette approche.

Ainsi, Hesse a suggéré une classification des analogies pertinentes en sciences. Les analogies les plus simples et superficielles sont celles où les systèmes  $X$  et  $Y$  possèdent des propriétés communes: ainsi, on pourrait affirmer que les requins sont analogues aux baleines puisqu'ils vivent dans la mer, ont des nageoires, etc. On peut également exploiter des relations entre des parties de la source et du but pour établir l'analogie. Ainsi, en médecine, on a longtemps affirmé que la constitution du corps humain était analogue à la constitution de l'Univers et que, comme ce dernier comporte quatre éléments fondamentaux (eau, terre, air et feu), le corps humain devait comprendre lui quatre éléments fondamentaux

(phlegme, bile noire, sang et bile jaune). Selon Hesse, ces analogies sont des analogies matérielles.

Il existe également des analogies formelles ou structurales. Ainsi, lorsque deux systèmes physiques, par exemple un pendule et un oscillateur électrique, obéissent aux mêmes équations mathématiques, Hesse affirme qu'il existe une analogie formelle entre les deux systèmes. Finalement, Hesse introduit une distinction entre les analogies positives, les analogies négatives et les analogies neutres. Les propriétés partagées par la source et le but constituent des analogies positives, alors que les propriétés qui distinguent la source du but forment l'ensemble des analogies négatives. Les propriétés du but que l'on ne peut classer du côté des analogies positives ou négatives sont des analogies neutres. Selon Hesse, ces dernières jouent un rôle important dans la recherche scientifique, car elles peuvent guider les chercheurs vers de nouvelles hypothèses originales.

C'est d'ailleurs probablement lorsqu'elles concernent la créativité et la recherche scientifique que les études sur le rôle des analogies et des métaphores s'avèrent les plus fructueuses. Des recherches, historiques ou menées auprès de chercheurs contemporains, portent ainsi sur le raisonnement des scientifiques et révèlent l'importance des analogies dans l'élaboration des concepts, des hypothèses et des théories (voir *Théorie scientifique*).



Blanchette, I. et K. Dunbar (2000), « How analogies are generated : The roles of structural and superficial similarity », *Memory & Cognition*, vol. 28, n° 1, p. 108-124.

Dunbar, K. (1995), « How scientists really reason : Scientific reasoning in real-world laboratories », *The Nature of Insight*, p. 365-395.

— (2001), « What scientific thinking reveals about the nature of cognition », dans K. D. Crowley, C. D. Schunn et T. Okada (dir.), *Designing for Science : Implications from Everyday, Classroom, and Professional Settings*, Lawrence Erl-baum, p. 115-140.

Guay A. et Y. Gingras (2011), « The uses of analogies in seventeenth and eighteenth century science », *Perspectives on Science*, vol. 19, n° 2, p. 154-191.

Hallyn, Fernand (2000), *Metaphor and Analogy in the Sciences*, vol. 1, *Origins Studies in the Sources of Scientific Creativity*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Helman, David Henry (1988), *Analogical Reasoning : Perspectives of Artificial Intelligence, Cognitive Science, and Philosophy*, vol. 197, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Hesse, M. B. (1980), « The explanatory function of metaphor », *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science*, p. 111-124.

- (1966), *Models and analogies in science*, vol. 7, University of Notre Dame Press.
- Holyoak, Keith James et Robert G. Morrison (2005), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, New York, Cambridge University Press.
- Holyoak, Keith James et Paul Thagard (1995), *Mental Leaps: Analogy in Creative Thought*, Cambridge (MA), MIT Press.

## Approches d'entrée-sortie

*L. Martin Cloutier*

De par le monde, les gouvernements investissent dans la R-D pour soutenir les activités d'innovation dans le but d'améliorer la performance économique et d'établir un avantage concurrentiel durable (voir *Économie, science et technologie*). Toutefois, l'issue des activités de R-D est porteuse d'incertitudes, car les projets de R-D n'aboutissent pas nécessairement aux résultats souhaités à l'étape de la recherche ou du développement (voir *Externalités de la R-D*). Par exemple, les retombées (*spillovers*, en anglais) de la R-D ne se font souvent sentir qu'à très long terme, après dix, quinze ans ou plus tard encore. Des milliers d'études sont menées sur les retombées de la R-D : dans une méta-analyse portant uniquement sur la question de l'agriculture, Alston et ses collaborateurs ont ainsi pu utiliser les résultats d'environ 2 000 études sur le sujet !

La mesure de l'impact macroéconomique des activités de R-D constitue une problématique méthodologique de taille. Les coûts de la R-D sont généralement déboursés en amont, et les résultats, qui passent par la constitution d'un stock de connaissances suffisant pour mener à l'adoption et à la diffusion des innovations, peuvent s'échelonner sur de longues années, voire des décennies. La situation typique est que l'activité de recherche prend beaucoup de temps avant d'influencer la production et qu'ensuite, ses répercussions peuvent s'observer sur une période de temps indéterminée. Pour un produit ou un secteur spécifique, il est extrêmement difficile de documenter avec certitude les périodes d'investissements, d'accumulation des stocks de connaissances et de répercussions sur la productivité économique. Les limites géographiques associées à l'analyse des retombées posent également problème sur le plan méthodologique. Les recherches doivent prendre en considération le fait que la R-D menée à l'intérieur d'une juridiction

donnée aura forcément des retombées sur les juridictions voisines. On retrouve également la notion de « retombée interindustrielle », qui prend en compte la manière dont les activités de R-D d'un secteur donné contribuent à la performance économique d'autres secteurs.

Les approches d'entrée-sortie ont justement été introduites par Leontief pour analyser les activités interindustrielles. Des modèles d'entrée-sortie sont désormais employés dans de nombreuses juridictions à travers le monde afin de justifier tout projet devant faire l'objet d'un financement public. Les analyses d'impacts macroéconomiques par les modèles d'entrée-sortie permettent de mesurer les répercussions, dans l'économie, d'activités économiques ou de projets d'investissement d'envergure dans une industrie donnée. Les tableaux d'entrée-sortie sont des modèles de comptabilité nationale, mais sont également utilisés en économie régionale (voir *Système statistique national* et *Systèmes d'innovation*). Ces approches servent à mesurer les impacts des industries en amont, donc des fournisseurs. Généralement, les indicateurs économiques d'intérêt de ces études sont les effets macroéconomiques directs d'un secteur ou d'un sous-secteur, qu'il s'agisse de ses effets directs, indirects ou « induits », ou encore d'une combinaison de ces types d'effets, sur l'emploi, le produit intérieur brut (PIB) et la production.

La structure des tableaux d'entrée-sortie est actualisée environ quatre ou cinq ans suivant un recensement. Pour compenser ce décalage, diverses méthodes permettent d'actualiser sur une base annuelle les valeurs des matrices de comptabilité nationale, en tenant compte de l'évolution des données sur la structure technologique du pays. Ces actualisations annuelles des matrices d'entrée-sortie n'actualisent toutefois pas la fonction de production de Leontief qui structure le modèle. Au Canada, par exemple, les modèles d'entrée-sortie sont structurellement (donc technologiquement, pour les fonctions de production de Leontief) actualisés environ tous les cinq ans en référence aux données colligées lors des années de recensement. Les multiplicateurs d'emplois ou de PIB peuvent être actualisés plus fréquemment.

Les approches d'entrée-sortie ont permis d'examiner l'impact de l'accumulation du stock de connaissances en R-D dans un secteur donné sur la performance d'un autre secteur (en matière de croissance, d'exportation, de brevetage ou du nombre d'innovations). Ces modèles ont donc été utilisés pour mesurer l'impact des dépenses de R-D sur

l'économie. À titre d'exemple, Terleckyj a mesuré l'impact des flux de R-D sur la croissance et la productivité, alors que Scherer a examiné l'impact des flux de brevets interindustriels. DeBresson a aussi utilisé les matrices d'entrée-sortie pour évaluer les liens entre les activités économiques, les interactions sociales et les réseaux d'innovations. Bien que les enjeux méthodologiques demeurent importants, les approches d'entrée-sortie ont permis de mesurer les retombées d'activités de R-D, d'établir que certains secteurs sont « fournisseurs » de R-D alors que d'autres sont plus à même de tirer profit de ces retombées interindustrielles, et que ces retombées varient entre les secteurs de l'économie, entre les juridictions et dans le temps. Les approches d'entrée-sortie peuvent ainsi servir d'outils d'aide à la décision en guidant le financement de la R-D vers des retombées plus productives (voir *Gestion de la technologie*).



- Alston, J. M. (2002), « Spillovers », *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 46, p. 315-346.
- Alston, J. M., C. Chan-Kang, M. C. Marra, P. G. Pardey et T. J. Wyatt (2000), *A Meta-Analysis of Rates of Return to Agriculture R&D: Ex Pede Herculem?* Washington, D.C., International Food Policy Research Institute (IFPRI), Research Report 113.
- DeBresson, C. (1996), *Economic Interdependence and Innovative Activity: An Input-Output Analysis*, Cheltenham (UK), Edward Elgar.
- Leontief, W. (1936), « Quantitative input and output relations in the economic system of the United States », *Review of Economic and Statistics*, vol. 18, p. 105-125.
- Miller, R. E. et P. D. Blair (2009), *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, 2<sup>e</sup> édition révisée, Boston (MA), Cambridge University Press.
- Mohnen, P. (1997), « Introduction: Input-Output Analysis of interindustry R&D spillovers », *Economic Systems Research*, vol. 9, n° 1, p. 3-8.
- Scherer, F. M. (1982), « Inter-industry technology flows and productivity growth », *Review of Economics and Statistics*, vol. 64, p. 627-634.
- Terleckyj, N. E. (1974), *Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: An Exploratory Study*, Washington (D.C.), National Planning Association.

## Appropriation des technologies

Guillaume Latzko-Toth et Serge Proulx

La notion d'appropriation désigne à la fois un processus individuel et collectif (cognitif, culturel et social) dans le rapport aux objets techniques, et une approche de la sociologie des techniques qui met en évidence le rôle actif des usagers dans la construction sociale des technologies et de leurs usages. La notion a d'abord été élaborée dans le cadre d'une réflexion sociopolitique, pour souligner l'autonomie que l'utilisateur peut démontrer vis-à-vis des objets techniques. En ce sens, elle s'inscrit dans une double filiation : celle de la notion marxiste d'appropriation des moyens de production (et donc des machines, dans un refus d'aliénation dénoncée jadis par les luddites), et celle, empruntée à la sociolinguistique, d'appropriation de la langue par ses locuteurs. Cette deuxième ascendance, qui trouve échos dans la théorie littéraire et la théorie de l'art, s'est notamment nourrie des idées de Michel de Certeau sur les rapports entre consommation et production. Pour ce dernier, les usagers se trouvent en position de *tacticien* face au déploiement des *stratégies* industrielles : leurs moyens sont plus modestes et leur champ d'action, plus restreint. Toutefois, il leur est possible de se « constituer un propre », autrement dit de s'approprier un domaine au sein du dispositif technique qui leur est proposé ou imposé.

Pour de Certeau, c'est la pratique qui constitue ce domaine où s'exprime la créativité des pratiquants, qu'il appelle *poïesis*. C'est sur cette fondation théorique que se construit, dans la sphère francophone, le concept d'appropriation des dispositifs techniques par les usagers, non sans que d'autres dimensions sociologiques ne lui soient ajoutées : attribution de sens (à l'objet, à ses usages), acquisition d'une compétence et d'une culture technique, insertion dans la vie quotidienne et articulation à d'autres pratiques culturelles. Une tradition de recherche similaire, liée aux approches développées dans les études culturelles (*cultural studies*), s'articule autour du concept de domestication des objets techniques, développé par Roger Silverstone à partir de travaux sur la réception des médias, la sociologie de la consommation et l'anthropologie des cultures matérielles.

Pour exister en tant que dispositif, il faut qu'un artefact soit utilisé et socialisé, autrement dit qu'il soit inséré dans un contexte social et

que des usages se développent. Or, l'utilisateur contribue de différentes manières à l'élaboration de ces usages, et il peut même en inventer que les concepteurs n'avaient ni anticipés ni même souhaités, usages « créatifs » que Pierre Rabardel appelle des « catachrèses ». L'appropriation d'un objet technique peut être plus ou moins poussée, allant d'une « personnalisation » superficielle (modifications cosmétiques d'un appareil, sélection des boutons affichés dans les barres d'outils d'un logiciel) jusqu'à l'ouverture de la « boîte noire » (modifier le code d'un programme pour l'adapter à ses besoins, remplacer des pièces d'une voiture pour la rendre plus performante). Pour sa part, Madeleine Akrich a proposé une typologie des formes de créativité de l'utilisateur qui est aussi une gradation des écarts entre les usages prescrits par les concepteurs et les pratiques effectives des utilisateurs : elle distingue ainsi le déplacement (objet utilisé dans un contexte différent de celui envisagé par le concepteur), l'adaptation (objet légèrement modifié pour s'adapter au contexte d'usage), l'extension (objet greffé d'éléments élargissant ses fonctionnalités) et enfin le détournement, par lequel un objet est utilisé à d'autres fins que celles prévues par ses concepteurs. Eric von Hippel a décrit la modalité de l'*extension* au sein de communautés de sportifs de pointe qui adaptent à leurs besoins des objets existants, produisant ainsi des artefacts ensuite reproduits par les industriels, phénomène qu'il appelle « innovation par l'usage » ou « innovation horizontale ».

En résumé, l'appropriation individuelle d'une technologie est un processus par lequel l'utilisateur l'intègre à sa vie quotidienne tout en l'adaptant à sa personnalité et à ses besoins. Une appropriation complète suppose : a) un apprentissage lui permettant d'acquérir un minimum de maîtrise technique et cognitive (compétence dans l'utilisation) ; b) l'intégration de la technologie à ses routines et habitudes de vie (insertion de l'objet dans le quotidien, banalisation) ; c) des usages créatifs (innovation par rapport au mode d'emploi). Ces critères peuvent être envisagés comme les conditions de réalisation d'un idéaltype dans la trajectoire d'appropriation.

Par ailleurs, l'appropriation collective d'un dispositif technique désigne sa mise en œuvre (utilisation, conception, développement) par un groupe ou une catégorie sociale, dans le but d'accroître son autonomie ainsi que sa capacité d'agir (*empowerment*) vis-à-vis des autres composantes de la société. L'appropriation individuelle est liée à une

appropriation collective de la technologie, puisque sans une représentation politique adéquate (par exemple association d'automobilistes, mouvement du logiciel libre), le rapport de forces entre producteurs et usagers reste largement en faveur des premiers.



- Akrich, M. (1998), « Les utilisateurs, acteurs de l'innovation », *Éducation permanente*, vol. 134, p. 79-89.
- Breton, P. et S. Proulx (2002), « Usages des technologies de l'information et de la communication », dans P. Breton et S. Proulx (dir.), *L'explosion de la communication à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle*, Paris, La Découverte, p. 251-275.
- Certeau, M. de (1990), *L'invention du quotidien* (1. Arts de faire), Paris, Gallimard.
- Hippel, E. Von (2005), *Democratizing Innovation*, Cambridge (MA), MIT Press.
- Jauréguiberry, F. et S. Proulx (2011), *Usages et enjeux des technologies de communication*, Toulouse, Érès.
- Jouët, J. (2000), « Retour critique sur la sociologie des usages », *Réseaux*, vol. 100, p. 487-521.
- Millerand, F. (1999), « Usages des NTIC : les approches de la diffusion, de l'innovation et de l'appropriation », 2<sup>e</sup> partie, *COMPOSITE* (99.1).
- Proulx, S. (dir.) (1988), *Vivre avec l'ordinateur : les usagers de la micro-informatique*, Boucherville (Québec), Éditions G. Vermette.
- Rabardel, P. (1995), *Les hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, Armand Colin.
- Silverstone, R. et L. Haddon (1996), « Design and the Domestication of Information and Communication Technologies : Technical Change and Everyday Life », dans R. Mansell et R. Silverstone (dir.), *Communication by Design : The Politics of Information and Communication*, Oxford University Press.

## Bibliométrie

*Vincent Larivière*

La bibliométrie est l'analyse quantitative des caractéristiques des documents (articles, actes de conférences, etc.) publiés par les chercheurs (voir *Quantification et mesure*). D'abord créée par les bibliothécaires au milieu du 19<sup>e</sup> siècle afin de gérer leurs collections, la bibliométrie s'est diffusée plus largement avec la création par Eugène Garfield de l'Institute for Scientific Information (ISI) au milieu du 20<sup>e</sup> siècle. Bien que le terme bibliométrie puisse s'appliquer à la mesure de n'importe quel type

de littérature – romans, journaux ou périodiques scientifiques –, il est généralement utilisé pour la mesure de la science et de la technologie et donc appliqué aux documents scientifiques. On utilise également les termes « scientométrie » (*scientometrics*) ou « infométrie » (*informetrics*) comme synonymes.

La prémisse de la bibliométrie est que les nouvelles connaissances sont incorporées dans la littérature scientifique et qu'en mesurant les caractéristiques de cette littérature, on mesure certains attributs de la production des connaissances. L'utilisation actuelle de la bibliométrie va de la sociologie des sciences aux sciences de l'information, en passant par les études économiques sur l'innovation et l'évaluation de la recherche (voir *Sociologie des sciences*).

Les données bibliométriques proviennent en général des bases de données. À ce jour, deux bases sont principalement utilisées : le Web of Science de Thomson Reuters (anciennement ISI) et la base Scopus de Elsevier. Alors que la première indexe les articles publiés dans environ 11 500 revues – les plus citées de leurs domaines respectifs –, la seconde couvre un ensemble de revues plus large, soit environ 17 500, sans avoir de critères d'indexation bien définis. La différence quant au nombre d'articles et de citations est toutefois plus faible – les revues couvertes uniquement par Scopus sont de petite taille – et la corrélation entre les deux bases de données pour ce qui est des publications et des citations est très élevée. Bien que ces sources de données recensent plusieurs types de documents, seuls les articles, les notes de recherche et les articles de synthèse sont généralement utilisés dans les études bibliométriques, parce qu'ils représentent les principaux canaux de diffusion des connaissances nouvelles (voir *Évaluation par les pairs*). Ces bases de données indexent les adresses de chacun des auteurs des publications, ce qui permet la « régionalisation » de la production scientifique et la compilation de taux de collaboration nationale et internationale (voir *Internationalisation de la R-D*).

Plusieurs types d'indicateurs peuvent être compilés avec les méthodes bibliométriques, tels des indicateurs relatifs à la façon dont les recherches sont conduites (collaboration, évolution des thématiques de recherche) ainsi que des indicateurs d'impact scientifique, basés sur les citations reçues par les articles. On considère ainsi que les articles les plus cités ont davantage d'impact scientifique que ceux qui le sont

moins (voir *Citation* et *Facteur d'impact*). En outre, lorsque jumelées à des données sociodémographiques (âge, sexe, statut professionnel, etc.) ou économiques, les données bibliométriques permettent l'analyse des déterminants de l'activité de recherche (voir *Femmes et sciences*).

En raison de la couverture différentielle de ces bases de données – aucune n'indexe l'ensemble de la littérature publiée –, la fiabilité des indicateurs bibliométriques varie selon les domaines. Ils sont généralement très fiables pour les sciences naturelles, biomédicales et du génie, mais le sont beaucoup moins pour les sciences sociales et les humanités. En effet, les médias de diffusion et, par extension, l'ensemble des médias de communication sont plus variés en sciences sociales et humaines (SSH) que dans les sciences naturelles et le génie (SNG). Plusieurs chercheurs ont souligné ces différences fondamentales entre les pratiques de communication des chercheurs en SNG et des chercheurs en SSH (voir *Champ* et *Sciences sociales*). Cela se reflète dans le rôle plus grand que jouent les monographies, les actes de colloques et la littérature non scientifique en SSH. Selon la discipline, les articles peuvent n'être qu'un mode de publication relativement mineur comparé à d'autres, tels les livres. Malheureusement, aucune base de données ne couvre ces autres formes de publications de façon aussi systématique et exhaustive que ne le font le Web of Science ou Scopus pour les articles de revues. Les sujets de recherche en SSH sont aussi souvent plus locaux et, conséquemment, les chercheurs des SSH publient davantage dans leur langue nationale et dans des revues à distribution plus limitée. Or, ces revues plus locales, non anglophones, ne sont que rarement indexées dans les bases de données anglo-saxonnes, ce qui a d'importantes conséquences sur la couverture bibliométrique des publications en SSH en provenance des pays n'ayant pas l'anglais comme langue principale de communication.



Archambault, É., D. Campbell, Y. Gingras et V. Larivière (2009), « Comparing Bibliometric Statistics Obtained from the Web of Science and Scopus », *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 60, n° 7, p. 1320-1326.

Gingras, Y. (2002), « Les formes spécifiques de l'internationalité du champ scientifique », *Actes de la recherche en sciences sociales*, n° 141-142, p. 31-45.

Gingras, Y., V. Larivière, B. Macaluso et J.-P. Robitaille (2008), « The Effects of Aging on Researchers' Publication and Citation Patterns », *PLoS ONE*, vol. 3, n° 12.

- Hicks, D. (2004), «The Four Literatures of Social Science», dans H. F. Moed, W. Glänzel et U. Schmoch (dir.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, Dordrecht, Kluwer Academic, p. 476-496.
- Larivière, V., É. Archambault, Y. Gingras et É. Vignola Gagné (2006), «The Place of Serials in Referencing Practices: Comparing Natural Sciences and Engineering with Social Sciences and Humanities», *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 57, n° 8, p. 997-1004.
- Larivière, V., É. Vignola-Gagné, C. Villeneuve, P. Gélinas et Y. Gingras (2010), «Financement, productivité et impact scientifique des chercheurs québécois selon le genre, dans Institut de la statistique du Québec», *Compendium d'indicateurs de l'activité scientifique et technologique du Québec*, Édition 2010, Québec, Gouvernement du Québec, p. 35-54.
- Moed, H. F. (1996), «Differences in the construction of SCI based bibliometric indicators among various producers: a first overview», *Scientometrics*, vol. 35, n° 2, p. 177-191.
- Moed, H.F. (2005), *Citation analysis in research evaluation*, Dordrecht, Springer.
- Nederhof, A. J., R. A. Zwaan, R. E. Debruin et P. J. Dekker (1989), «Assessing the Usefulness of Bibliometric Indicators for the Humanities and the Social and Behavioral Sciences: A Comparative Study», *Scientometrics*, vol. 15, n°s 5-6, p. 423-435.
- Wouters, P. (1999), *The Citation Culture*, thèse de doctorat, Université d'Amsterdam.

## Brevets et développement de la propriété intellectuelle

*Jean-Pierre Robitaille et Pascal Lemelin*

Les brevets d'invention sont des titres de propriété intellectuelle conférant à leurs titulaires le monopole d'exploitation, d'une durée limitée (d'environ vingt ans), pour une invention créée, en échange de la divulgation publique de ses caractéristiques et de son mode de fonctionnement (voir *Invention et innovation*).

Pour être brevetée et donc protégée, une invention doit respecter trois critères. Elle doit d'abord être nouvelle ou originale, c'est-à-dire ne pas dupliquer une invention antérieure, brevetée ou non, que celle-ci ait été effectivement réalisée ou soit restée un concept écrit. Une invention brevetable doit aussi être « non triviale » (*non-obvious*) ou faire preuve d'une conception inventive, c'est-à-dire qu'elle doit se distinguer de façon significative de l'état des connaissances (ou « état de l'art ») dans son domaine d'application. Elle doit, enfin, être concrètement utile ou pouvoir donner lieu à une application industrielle, c'est-à-dire représenter un gain tangible et substantiel aux yeux de

personnes compétentes dans ce domaine d'application (voir *Gestion de la technologie*).

Au-delà de ces trois critères, l'invention proposée doit aussi faire partie du domaine des choses brevetables, ce qui inclut les machines, les mécanismes, les procédés, les produits manufacturés, les composés matériels et même le matériel vivant, dans la mesure où il résulte de l'industrie humaine. Le domaine des choses brevetables exclut par contre les programmes informatiques, les algorithmes mathématiques, les théories scientifiques, les jeux définis comme des ensembles de règles, les contrats d'affaires, etc.

Bien qu'ils soient d'abord et avant tout des instruments légaux de propriété intellectuelle, les brevets offrent aussi – compte tenu de leurs liens évidents avec l'invention et l'innovation – de précieuses données pour l'étude quantitative du développement technologique, ou « technométrie » (voir *Bibliométrie*). Un avantage reconnu des brevets est que, pour des raisons administratives et légales, ils sont répertoriés dans des banques de données depuis de nombreuses années, ce qui facilite beaucoup leur repérage et leur traitement en nombre comme indicateur de la ST. Puisqu'il s'agit de documents légaux, les informations qu'ils contiennent sont généralement très précises. Mieux que les données sur l'investissement en R-D, les brevets permettraient aussi de mesurer l'invention et l'innovation dans les petites entreprises. Plus important, la fiabilité des données sur les brevets comme indicateurs d'innovation technologique a été démontrée par plusieurs enquêtes. Les entreprises brevetteraient en effet une large portion de leurs inventions, et il semblerait qu'une bonne part des inventions brevetées poursuivraient effectivement le cycle de l'innovation jusqu'à devenir des produits ou des procédés réellement utilisés (voir *Recherche et développement*).

Les indicateurs-brevets comportent toutefois des limites, au nombre de quatre. Tout d'abord, si de nombreux brevets débouchent effectivement sur des innovations, plusieurs inventions brevetées n'atteignent pas le stade de la mise en valeur ou de la commercialisation, soit parce que le concept n'offre qu'un faible potentiel commercial ou que, pour une raison ou une autre, le détenteur du brevet préfère s'abstenir de développer son invention. Par ailleurs, des changements historiques et contingents dans le système des brevets affectent le comportement

des indicateurs et donc la comparabilité des données dans le temps. Autrement dit, les tendances du brevetage ne traduisent pas nécessairement de façon fidèle les tendances de l'activité inventive et de l'innovation. L'utilisation des données d'un bureau national pose aussi le problème des comparaisons internationales, puisque les inventeurs du territoire national y sont nettement surreprésentés, ce qu'on appelle l'avantage domestique (*home advantage*). Enfin, puisque toutes les inventions ne sont pas nécessairement brevetées (même parmi celles qui sont théoriquement brevetables), les données sur les brevets ne livrent pas nécessairement un portrait complet de l'activité inventive.

Ces limites ne compromettent toutefois pas de façon majeure la validité des indicateurs-brevets puisque des méthodes ont été développées afin d'en réduire les effets. Par exemple, les statistiques sur les familles de brevets (une même invention brevetée auprès de plusieurs bureaux nationaux) corrigent significativement l'avantage domestique, en plus de produire des mesures axées davantage sur les inventions dotées du meilleur potentiel d'innovation ou du meilleur potentiel commercial.

Puisque le fait de détenir un bon portefeuille de brevets confère des avantages industriels et commerciaux indéniables, plusieurs entreprises ont développé ces dernières années des stratégies de propriété intellectuelle de plus en plus sophistiquées et astucieuses. Par exemple, certaines entreprises – désignée comme des « trolls » –, qui ne réalisent aucune R-D et ne produisent strictement rien de tangible, possèdent néanmoins de nombreux brevets achetés sur le marché secondaire de la propriété intellectuelle, et grâce auxquels elles génèrent des revenus substantiels en intentant des poursuites contre d'autres entreprises qu'elles accusent d'empiéter sur leur propriété intellectuelle. D'autres entreprises, réellement actives dans une filière technologique particulière, protègent leurs produits de la concurrence en développant autour de cette filière un réseau très dense de brevets défensifs, bloquant du coup le développement de produits concurrents. Ces brevets défensifs ne débouchent évidemment sur aucune innovation réelle et ne reposent souvent sur aucune activité inventive substantielle.

Bien sûr, de telles tendances dans le développement de la propriété intellectuelle sont parfaitement compréhensibles du point de vue des

stratégies d'affaires dont elles sont issues. Du point de vue de la technométrie par contre, il faut noter qu'elles tendent à accentuer les décalages entre les indicateurs basés sur les brevets et l'activité inventive dont ils sont censés rendre compte.



- Chesbrough, H. (2006), « Emerging Secondary market for intellectual property: US and Japan comparisons », National Center for Industrial Property Information and Training.
- Cohen, W. M. et al. (2000), *Protecting their Intellectual Assets: appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not)*, Cambridge, NBER working paper, n° 7552.
- Dernis, H., D. Guellec et B. van Pottelsberghe (2001), « Using patent counts for cross-country comparisons of technology output », coll. « STI Review », OCDE, Direction de la science, de la technologie et de l'industrie, p. 129-146.
- Dernis, H et M. Khan (2004), « Triadic Patent Families Methodology », OCDE, Direction de la science, de la technologie et de l'industrie, p. 1-32.
- Desrochers, P. (1998), « On the abuse of patents as economic indicators », *The Quarterly Journal of Austrian Economics*, vol. 1, n° 4, p. 51-74.
- OCDE (1994), *Manuel brevet : les données sur les brevets d'invention et leur utilisation comme indicateurs de la science et de la technologie*, Paris, OCDE.
- OEB (2012), « Directives relatives à l'examen pratiqué à l'Office européen des brevets, Munich », Office européen des brevets.
- Shapiro, C. (2001), « Navigating the Patent Thicket, cross licences, patent pool and standard setting », *Innovation Policy and the Economy*, MIT Press, p. 34.
- USPTO (2012), *Manual of Patent Examining Procedure (MPEP)*, 8<sup>e</sup> édition, Alexandria (VA), US Department of Commerce, U.S. Patent and Trademark Office.

## Cartographie conceptuelle

*L. Martin Cloutier*

L'information et la connaissance se transmettent souvent par écrit mais, depuis la nuit des temps, elles sont aussi représentées visuellement et spatialement par des cartes. La cartographie conceptuelle peut prendre de multiples formes. La littérature en offre de nombreuses variantes et appellations, notamment, pour en citer quelques-unes : carte conceptuelle, carte de concepts, carte cognitive, carte mentale, carte de connaissances, carte sémantique, etc.

Le terme «carte cognitive», introduit par E. C. Tolman en 1948, désigne un outil cognitif qui représente visuellement des liens entre des concepts. Un tel outil permet à un individu d'acquérir, de stocker, de coder, de rechercher et d'interpréter de l'information et les connaissances d'un objet, souvent par analogie ou métaphoriquement, dans une organisation spatiale donnée (voir *Analogie et métaphore en sciences*). Le besoin d'une telle cartographie conceptuelle demeure toujours présent aujourd'hui, alors que les soutiens techniques et logiciels favorisent et multiplient les possibilités nouvelles.

La cartographie conceptuelle a trouvé des applications dans de nombreux domaines scientifiques et techniques dont l'anatomie, le droit, l'évaluation de programmes, l'architecture, la géographie, le management, la planification, la psychologie, la gestion de processus, l'archéologie ou la géolocalisation. La représentation des objets par des cartes attire également les chercheurs et les consultants en gestion des organisations, de même que les chercheurs et gestionnaires intéressés par les approches de la prospective et la recherche-action participative, utiles aux processus de décision. La mise en place de cadres méthodologiques descendants (*top-down*, en anglais) ou ascendants (*bottom-up*) permettent de représenter divers concepts sur une carte et les chercheurs sont souvent des acteurs au centre de la production de ces représentations.

Les cartes conceptuelles, ou cognitives, peuvent être «instables» parce qu'elles demeurent la traduction d'un discours, et demeurent à ce titre sujettes à de multiples interprétations par les parties prenantes au processus de représentation. Elles peuvent néanmoins servir de point de départ pour «dynamiser», voire tester, l'interprétation d'une représentation initialement statique d'un objet. En effet, les résultats obtenus par les modèles de simulation par ordinateur peuvent contribuer à «stabiliser» les cartes mentales des individus qui fournissent, seuls ou en groupe, les connaissances tacites, expertises, données et informations utiles à la compréhension de phénomènes, de processus, de structures et de comportements (voir *Modèles scientifiques et Connaissance tacite*).

Les approches liées aux cartes conceptuelles élaborées en groupes méritent que l'on s'y attarde, car elles ont récemment fait l'objet d'applications formelles dans de nombreux domaines. Dans une perspective participative, la représentation conceptuelle de groupes par des cartes

offre de nombreuses possibilités. Trochim, par exemple, a introduit une approche qualitative et quantitative de cartographie de concepts, visant l'élaboration de cartes conceptuelles par l'entremise de calculs statistiques, pouvant favoriser le dialogue entre les membres de groupes et de sous-groupes, ainsi que l'évaluation de consensus sous-jacents.

L'approche systémique de Trochim permet la formalisation d'un processus participatif de groupe, souvent en mode prospectif, où des énoncés fournis par les participants sont ensuite classés par concepts et traités par la méthode d'échelonnage multidimensionnel et une classification ascendante hiérarchique. Elle permet la formalisation d'un processus d'élaboration de la cartographie conceptuelle dont la logique ne relève ni de la déduction, ni de l'induction, mais plutôt d'un processus inférentiel d'« abduction », selon le mot de Charreire et Durieux. Des développements récents de cette approche permettent d'évaluer et de vérifier la cohérence des résultats par des tests statistiques de fiabilité, ce qui peut limiter l'introduction de biais dans le processus d'élaboration de cartes conceptuelles. Le rôle du chercheur en est alors un de facilitateur du processus de cartographie conceptuelle. À ce titre, les recherches récentes nous autoriseraient à redéfinir la cartographie conceptuelle comme le résultat d'un processus, individuel (descendant) ou en groupe (ascendant), de construction systémique d'une représentation conceptuelle spatiale d'un objet en utilisant les analogies, métaphores et représentations cognitives des individus, qui forgent des interprétations de ces représentations en contexte spécifique.



- Charreire S. et F. Durieux (2003), « Explorer et tester : deux voies pour la recherche », dans R. A. Thiéart (dir.), *Méthodes de recherche en management*, 2<sup>e</sup> édition, Dunod, p. 57-81.
- Cossette, P. et M. Audet (2004), « Qu'est-ce qu'une carte cognitive ? », dans P. Cossette (dir.), *Cartes cognitives et organisations*, Éditions de l'ADREG, p. 31-60.
- Kane, M. et W. M. K. Trochim (2007), *Concept Mapping for Planning and Evaluation*, Thousand Oaks (CA), Sage Publications.
- Rosas, S. R. et M. Kane (2012), « Quality and rigor of the concept mapping methodology : A pooled study analysis », *Evaluation and Program Planning*, vol. 35, p. 235-246.
- Sterman, J. W. D. (2000), *Business Dynamics*, New York, Irwin/McGraw-Hill.
- Stigliani, I. et D. Ravasi (2012), « Organizing thoughts and connecting brains: Material practices and the transition from individual to group-level prospective sense-making », *Academy of Management Journal*, vol. 55, n° 5, p. 1232-1259.

- Tolman, E. C. (1948), « Cognitive maps in rats and men », *Psychological Review*, vol. 55, n° 4, p. 189-208.
- Trochim, W. M. K. (1989), « Concept mapping : Soft science or hard art? », *Evaluation and Program Planning*, vol. 12, n° 1, p. 87-110.

## Catégorie

*Luc Faucher*

Il existe plusieurs façons de catégoriser les objets du monde. Par exemple, en regardant le champ qui s'étend devant moi, je peux regrouper les objets selon leur couleur (il y a des fleurs jaunes, des arbres au feuillage vert, des pierres grises), selon certaines propriétés qui m'intéressent (certaines fleurs sont comestibles; d'autres, toxiques) ou selon leur appartenance à des espèces biologiques (cet arbre est un érable à giguère ou *acer negundo*; cette fleur, un lys des prairies ou *lilium philadelphicum*; cette pierre, un granit; celle-là, une quartzite). Comme le remarquait Mill dans son *Système de logique*: « Quelques classes n'ont rien ou presque rien en commun qui puisse servir à les caractériser, si ce n'est précisément ce qui est connoté par le nom. Les choses blanches, par exemple, n'ont pas d'autre propriété commune que la blancheur...; mais des centaines de générations n'ont pu épuiser les propriétés communes des animaux et des plantes, du soufre ou du phosphore. Nous ne les supposons même pas épuisables, et nous poursuivons nos observations et nos expériences avec la pleine conviction de pouvoir découvrir sans cesse de nouvelles propriétés non impliquées dans celles déjà connues » (1865/1995, p. 136). On dira souvent des classes dont les individus ont peu en commun qu'elles sont des catégories superficielles ou conventionnelles, et des classes dont les individus ont de nombreuses propriétés communes qu'elles sont des catégories réelles ou naturelles. On ajoutera parfois que les secondes suivent ce que l'on nomme la « découpe du monde »: en effet, par opposition aux catégories superficielles, une catégorie « réelle ou naturelle » est généralement comprise comme « existant objectivement », c'est-à-dire indépendamment des activités classificatrices humaines. Ce sont des catégories de ce type que les scientifiques cherchent à identifier et ce sont à elles que les

concepts classificatoires des différentes sciences veulent référer (voir *Classification et Objectivité et régulation*).

Une catégorie scientifique est donc une catégorie qui regroupe des individus ayant de nombreuses propriétés en commun. Parce qu'ils ont de nombreuses propriétés en commun, il est possible de formuler de nombreuses généralisations inductives à leur propos. On postule habituellement que les membres de la catégorie partagent ces propriétés parce qu'ils partagent une « essence » commune (et non qu'ils partagent ces propriétés de façon accidentelle). Une partie importante du travail scientifique consiste pour cette raison à chercher et à découvrir cette essence. Découvrir que, contrairement à ce que l'on pensait, des objets que l'on croyait former une catégorie naturelle n'ont pas d'essence commune a souvent conduit, dans l'histoire, à l'abandon de cette catégorie (voir *Théorie scientifique*).

Il existe en philosophie de nombreuses façons de définir ce qu'est une essence. Une des conceptions contemporaines les plus sophistiquées de l'essentialisme est celle de Richard Boyd. Selon Boyd, les membres d'une espèce naturelle tendent à présenter des groupes de caractéristiques typiques (qui n'ont pas à être des conditions nécessaires d'appartenance au groupe : par exemple, les chiens ont typiquement quatre pattes, mais un chien qui n'en a que trois est encore un chien), qui peuvent être expliquées causalement par des mécanismes, des processus ou des structures (qui peuvent être internes ou externes). Comme l'ont écrit Keller, Boyd et Wheeler au sujet de leur théorie des espèces naturelles (théorie dite des « grappes homéostatiques de propriétés » ou *Homeostatic Property Cluster Kinds*), les termes d'espèce naturelle réfèrent à « des familles de propriétés telles que (1) celles-ci tendent à être (imparfaitement) cooccurrentes dans la nature ; (2) leur cooccurrence est expliquée par des mécanismes (importants du point de vue inductif et explicatif) qui établissent une sorte d'homéostasie (imparfaite) entre elles ; et (3) l'unité homéostatique qu'elles démontrent (imparfaitement) est un facteur important du point de vue causal et explicatif des systèmes complexes que nous étudions » (2003, p. 104-105). Boyd propose donc que les membres d'une espèce possèdent une essence dite « causale », c'est-à-dire un ensemble de mécanismes auxquels il faut faire référence pour expliquer la cooccurrence, même imparfaite, des propriétés typiques de ceux-ci.

Prenons pour exemple l'eau. Tous les échantillons d'eau possèdent une structure moléculaire identique ( $H_2O$ ). Les propriétés de surface de l'eau – son caractère aqueux, le fait qu'elle bout à 100 degrés Celsius, etc. – s'expliquent par référence à cette structure. Savoir qu'un objet  $x$  est membre de l'espèce naturelle  $X$  permet de faire des prédictions quant aux propriétés de cet objet: si  $x$  est un échantillon d'eau, alors il devrait bouillir à 100 degrés. De même, si on découvre une propriété en étudiant un seul ou quelques échantillons d'eau, on sera justifié de s'attendre à ce que les autres échantillons que nous n'avons pas étudiés possèdent également cette propriété (c'est ce que l'on nomme la projectibilité, une propriété caractéristique des catégories scientifiques).

Si, dans le cas de l'eau, ce qui permet de faire des généralisations au sujet des échantillons du liquide est la microstructure du liquide, dans le cas des espèces biologiques (*species*) ces mécanismes peuvent être des mécanismes physiologiques ou comportementaux (causant l'isolation reproductive de certaines populations). Dans le cas des catégories de sciences humaines – par exemple, les classes sociales ou l'ethnie –, ce qui expliquerait la cohésion des membres des groupes (et qui fait en sorte que l'on peut énoncer des généralités assez robustes à leur sujet) pourrait être des mécanismes psychologiques ou sociaux (comme l'intériorisation de certains stéréotypes ou l'existence de barrières institutionnelles empêchant l'accès à certaines ressources).



Boyd, R. (1999), «Homeostasis, Species, and Higher Taxa», dans Robert Wilson (dir.), *Species: New Interdisciplinary Essays*, Cambridge (MA), M.I.T. Press, p. 141-185.

Keller, R.A., R. N. Boyd et Q. D. Wheeler (2003), «The illogical Basis of Phylogenetic Nomenclature», *Botanical Review*, vol. 69, n° 1, p. 93-110.

Mill, J. S. (1995 [1965]), *Système de logique: déductive et inductive*, Paris, Mardaga.

## Champ

*Yves Gingras*

Voulant rompre avec l'image idyllique d'une « communauté » scientifique implicitement homogène, œuvrant de façon collective au progrès de la science et régie par les règles de don et de contre-don caractéristiques,

d'après Warren Hagstrom, des sociétés précapitalistes, le sociologue français Pierre Bourdieu propose, en 1975, le modèle d'une société capitaliste dans laquelle les agents sont en compétition pour le monopole de l'autorité scientifique. Il applique ainsi au cas de la science sa théorie générale des champs sociaux.

Le modèle proposé par Bourdieu se fonde sur une analogie explicite et systématique avec l'économie capitaliste fondée sur l'accumulation du capital (voir *Analogie et métaphores*). La différence majeure réside dans le fait que dans le champ scientifique (par opposition au champ économique), le rôle moteur n'est pas joué par le capital économique, mais par le capital symbolique, c'est-à-dire le capital de reconnaissance scientifique au sein du champ.

La science, même la plus pure, est pour Bourdieu « un champ social comme un autre, avec ses rapports de force et ses monopoles, ses luttes et ses stratégies, ses intérêts et ses profits, mais où tous ces *invariants* revêtent des formes spécifiques » (1975, p. 91). Elle est un espace social relativement autonome, fortement hiérarchisé et structuré en fonction des ressources diversifiées des agents qui en font partie (voir *Université*). Le monopole de l'« autorité scientifique », « inséparablement définie comme capacité technique et comme pouvoir social », est l'enjeu spécifique au champ scientifique, enjeu qui le distingue des autres champs sociaux. Bien sûr, ce monopole est une situation limite, jamais atteinte, et le champ scientifique « est toujours le lieu d'une lutte *plus ou moins inégale*, entre des acteurs inégalement pourvus de capital scientifique, donc inégalement en mesure de s'approprier le produit du travail scientifique que produisent par leur *collaboration objective* l'ensemble des concurrents en mettant en œuvre l'ensemble des moyens de production scientifique disponibles » (*ibid.*, p. 102). Aussi, « la structure du champ scientifique est définie à chaque moment par l'état du rapport de forces entre les protagonistes de la lutte, agents ou institutions, c'est-à-dire par la structure de la distribution du capital spécifique, résultat des luttes antérieures qui se trouve objectivé dans des institutions et des dispositions et qui commande les stratégies et les chances objectives des différents agents ou institutions dans les luttes présentes » (*ibid.*, p. 100).

À la différence de l'économie capitaliste, qui ne connaît que le capital économique, la dynamique du champ scientifique (comme des

autres champs) dépend, en plus du capital économique, de la distribution de trois sortes de capitaux : social (constitué de relations mobili-sables), culturel (formé de savoirs accumulés) et symbolique (capital de reconnaissance et de crédibilité). Les stratégies des chercheurs (choix des objets d'étude, des lieux de publication) se comprennent, dans ce modèle, comme des investissements en référence à une anticipation (consciente ou inconsciente) des chances probables de profit symbolique (reconnaissance, prix), anticipation elle-même fondée à chaque moment sur le volume et la structure des capitaux possédés (voir *Modèles scientifiques*).

La position d'un chercheur dans le champ dépend des résultats des investissements antérieurs qui définissent ainsi une trajectoire. Le «sens du jeu» scientifique s'acquiert par une socialisation (formation scolaire) au sein du champ qui définit un «habitus» particulier, défini comme un ensemble de schèmes générateurs de pratiques et d'évaluation des pratiques. Le concept d'habitus permet ainsi de donner un fondement historique et anthropologique aux notions de «savoir tacite», de discipline et de paradigme, l'habitus acquis du physicien étant différent de celui du biologiste, définissant un sens pratique différent (voir *Discipline et Paradigme*). Avec les concepts de champ, d'habitus, de capital et d'intérêt, Bourdieu fournit ainsi un modèle de la science qui se distingue de celui de Merton, fondé sur un ensemble de normes, mais en intègre les acquis en les réinterprétant sous un mode plus conflictuel que communautaire. De plus, ce modèle s'insère dans une sociologie générale et a donc une structure théorique plus large que celle de la sociologie des intérêts, qui n'offre pas de concepts spécifiques pour penser les relations avec les autres sphères sociales ou la socialisation des agents (voir *Sociologie des sciences*). Enfin, le modèle bourdieusien évite les analyses purement microsociologiques et interactionnistes et tient compte des contraintes institutionnelles et des liens avec les autres champs (économique, médiatique et politique, par exemple).

Bourdieu pose le postulat de base de la sociologie des sciences, qu'il partage donc avec Merton : «la vérité du produit – s'agirait-il de ce produit très particulier qu'est la vérité scientifique – réside dans une espèce particulière de conditions sociales de production». Bourdieu admet ainsi que les vérités scientifiques existent et sont des «produit[s]

très particulier[s]» dont la validité (la vérité), tout en émergeant dans des conditions sociales et historiques données, est relativement indépendante de leurs conditions sociales de production.



Bourdieu, P. (1975), « La spécificité du champ scientifique et les conditions sociales du progrès de la raison », *Sociologie et sociétés*, vol. 7, n° 1, p. 91-118.

Bourdieu, P. (1997), *Les usages sociaux de la science. Pour une sociologie clinique du champ scientifique*, Paris, INRA éditions.

Bourdieu, P. (2001), *Science de la science et réflexivité*, Paris, Raisons d’agir.

Gingras, Y. et M. Trépanier (1993), « Constructing a Tokamak: Political, Economic and Technical Factors as Constraints and Resources », *Social Studies of Science*, vol. 23, n° 1, p. 3-36.

Gingras, Y. (2010), « Sociological reflexivity in action », *Social Studies of Science*, vol. 40, n° 4, p. 619-631.

Hagstrom, W. (1965), *The Scientific Community*, New York, Basic Books.

Hong, W. (2008), « Domination in a Scientific Field: Capital Struggle in a Chinese Isotope Lab », *Social Studies of Science*, vol. 38, n° 4, p. 543-570.

Latour, B. et S. Woolgar (1982), « The cycle of credibility », dans B. Barnes et D. Edge (dir.), *Science in Context*, Cambridge, MIT Press, p. 35-43.

## Citation

*Jean-Pierre Robitaille et Vincent Larivière*

La citation, ou l’acte de faire référence à une œuvre, est considérée en sociologie des sciences comme un marqueur de capital symbolique (voir *Champ* et *Sociologie des sciences*). Elle constitue aussi, en bibliométrie, un concept de base sur lequel reposent les mesures d’impact scientifique (voir *Bibliométrie*). En raison d’une innovation technique majeure réalisée dans les sciences de l’information, les citations se sont imposées ces dernières années comme un objet de recherche central dans le champ des études sociales de la science. Cette innovation, le *Science Citation Index* (SCI), a en effet ouvert la voie à des analyses de citations beaucoup plus systématiques et extensives que celles qui avaient été pratiquées manuellement jusque-là. Elle a aussi relancé les débats et les réflexions sur la fonction et la signification de la citation dans le processus de communication savante.

Lorsqu'Eugene Garfield et son équipe de l'Institute for Scientific Information (ISI) créent le SCI au début des années 1960, leur objectif consiste à développer une nouvelle méthode d'indexation des publications scientifiques, mieux adaptée au besoin de l'heure dans le domaine de la communication savante. Face au rythme accéléré de la production scientifique de l'après-guerre, il s'agit alors d'indexer un flot croissant de publications et, pour ce faire, de dépasser deux limites importantes des méthodes classiques par sujets et mots-clés. Ces dernières, d'une part, requièrent beaucoup de temps de travail de bibliothécaires spécialisés qui doivent procéder à l'analyse du contenu cognitif de chacun des articles recensés. D'autre part, puisqu'elles supposent aussi l'utilisation d'un vocabulaire contrôlé issu des disciplines scientifiques, elles tardent à rendre compte du développement des objets de recherche interdisciplinaires (voir *Classification et Interdisciplinarité*).

Partant du principe que les références bibliographiques sont en rapport direct avec le contenu de l'article où elles apparaissent et qu'elles expriment donc, en quelque sorte, des associations d'idées, Garfield et son équipe proposent de les ajouter de façon systématique aux informations des fiches bibliographiques standards (auteur, titre, année, etc.) des publications recensées dans le SCI. Inspirée des index du domaine juridique, cette procédure confère au SCI sa valeur unique, puisqu'en reliant les fiches des articles « citants » (qui font référence à une publication antérieure) aux fiches des articles « cités » (utilisés comme références dans une publication subséquente), le SCI retrace en fait la toile du savoir en production. De proche en proche, il permet ainsi de remonter dans la littérature scientifique aux origines d'une découverte ou d'un concept ou, encore, de découvrir en aval les utilisations subséquentes des idées scientifiques (voir *Paradigme et Migration conceptuelle*).

Au-delà de cette fonction première d'indexation et de recherche documentaire, le SCI est aussi devenu assez rapidement un outil de mesure de la littérature scientifique. Grâce à l'informatique, des centaines de millions de liens entre articles citants et articles cités ont été établis pour calculer, par exemple, le « facteur d'impact » des revues scientifiques, soit le nombre moyen de citations reçues par article publié (voir *Facteur d'impact*). Utilisé par l'ISI pour identifier les revues les plus visibles et donc celles qu'il convient de recenser en priorité, le facteur

d'impact constitue aussi un outil d'aide à la décision dans la gestion des collections de revues des bibliothèques scientifiques.

Suivant la croissance des besoins en évaluation de la recherche, les comptes de citations sont aussi utilisés, de plus en plus fréquemment, pour mesurer la notoriété, l'impact, voire la qualité des articles scientifiques et donc des chercheurs qui les produisent. Cette tendance s'est toutefois accompagnée de nombreuses critiques. Sur un plan strictement quantitatif, on a souligné que le nombre absolu de citations reçues ne traduit pas nécessairement la valeur scientifique intrinsèque de l'article cité, puisque ce nombre est aussi déterminé par plusieurs facteurs extrinsèques. Mentionnons, entre autres, le temps écoulé depuis la parution, de même que la discipline de publication : toutes choses étant égales par ailleurs, les articles plus anciens et qui appartiennent à des disciplines dotées d'une forte densité de publication (la biomédecine, par exemple) accumulent davantage de citations que les autres et ce, indépendamment de leur valeur scientifique. En bibliométrie toutefois, ces problèmes sont corrigés par l'emploi de procédures de normalisation appropriées.

Sur le plan qualitatif, d'autre part, la signification même de l'acte de citer a aussi été mise en doute. Critiquant l'approche normative de Merton selon laquelle la citation traduit la reconnaissance explicite des pairs, l'approche constructiviste met plutôt en évidence la multiplicité des motivations à citer, parmi lesquelles la reconnaissance du travail cité côtoie des intentions moins déférentes de distanciation, de correction, d'invalidation, etc. (voir *Évaluation par les pairs*). Il faut souligner par contre que les cas de travaux scientifiques abondamment cités de façon négative sont plutôt rares et que cela témoigne encore malgré tout d'un impact certain. En conséquence, les indicateurs de citations demeurent généralement considérés comme des outils valables d'évaluation de la recherche.



- Bornmann, L. et H. D. Daniel (2008), « What do citation counts measure? A review of studies on citing behavior », *Journal of Documentation*, vol. 64, n° 1, p. 45-80.
- Brooks, T. A. (1985), « Private Acts and Public Objects – An Investigation of Citer Motivations », *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 36, n° 4, p. 223-229.
- Garfield, E. (1955), « Citation Indexes for Science: A New Dimension in Documentation through Association of Ideas », *Science*, vol. 122, n° 3159, p. 108-111.

- Garfield, E. (1964), « Science Citation Index – A New Dimension in Indexing », *Science*, vol. 144, n° 3619, p. 649-654.
- Garfield, E. (1990), « How ISI Selects Journals for Coverage: Quantitative and Qualitative Considerations », *Current Contents*, vol. 22, p. 5-12.
- Merton, R. K. (1979), *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*, University of Chicago Press.
- Moravcsik, M. J. et P. Murugesan (1975), « Some Results on Function and Quality of Citations », *Social Studies of Science*, vol. 5, n° 1, p. 86-92.
- White, H. D. (2004), « Reward, Persuasion, and the Sokal Hoax: A Study in Citation Identities », *Scientometrics*, vol. 60, n° 1, p. 93-120.
- Wouters, P. (2006), « Aux origines de la scientométrie. La naissance du Science Citation Index », *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 164, p. 11-22.

## Classification

*Stéphane Moulin*

La classification est l'opération qui consiste à regrouper dans des catégories des individus, qu'il s'agisse de sujets vivants (personnes, animaux ou végétaux), d'objets matériels (minéraux, étoiles, produits, livres) ou idéels (activités, maladies, régimes politiques). Pour être valides, les catégories doivent être collectivement exhaustives et mutuellement exclusives. On parle de « système de classification » lorsque les catégories servant à classer sont hiérarchisées (en niveaux, rangs, taxons, etc.). Une nomenclature est une classification qui fait autorité et sert de référence dans des milieux scientifiques ou professionnels (voir *Catégorie*). Enfin, la taxinomie (ou taxonomie) désigne la théorie des classifications.

Au 4<sup>e</sup> siècle avant notre ère, Aristote est l'un des premiers à procéder à des classifications hiérarchiques systématiques, tant des connaissances (division des sciences entre biologie, métaphysique, etc.) que des objets de connaissance (classification des animaux ou des régimes politiques). Mais les critères de classification utilisés jusqu'au début du 18<sup>e</sup> siècle sont multiples et les pratiques taxinomiques restent confuses jusqu'à ce que le Suédois Carl von Linné propose en 1735 une classification scientifique des êtres vivants. Des entreprises classificatoires se sont multipliées par la suite dans tous les domaines scientifiques, donnant naissance à des taxinomies spécialisées et à des

nomenclatures internationales (code international de nomenclature botanique, système international de classification des maladies, etc.).

Si la classification relève de la démarche scientifique, fondée sur des procédures ou méthodes explicites, elle relève aussi du discours normatif ou philosophique, ce qui explique pourquoi la taxinomie est périodiquement l'objet de controverses dont l'histoire des sciences permet de mieux comprendre les enjeux. Ainsi, en biologie, les controverses portent sur la question de l'existence objective d'espèces ou sur l'existence de discontinuités dans la nature. Dans bien des cas, il n'y a pas de délimitations étanches entre les catégories, comme le montre l'exploration des frontières entre les catégories d'activité socioprofessionnelle, ou entre personnes malades ou en bonne santé. Les révisions des nomenclatures donnent souvent lieu à des périodes intenses de débats qui témoignent de la multiplicité des approches taxinomiques.

Dans l'ensemble des entreprises classificatoires, les classifications des personnes ou de leurs qualités répondent à des problématiques distinctes des classifications des autres objets de connaissance, au moins pour trois raisons. D'abord, ces classifications sont une source essentielle de pouvoir et s'inscrivent dans des dispositifs de suivi et de contrôle des populations. Ensuite, les définitions des catégories sont le plus souvent des « conventions d'équivalence », externes et antérieures au travail de celui qui classe, inscrites, par exemple, dans le droit ou dans des coutumes. Enfin, les personnes classées ne sont pas passives : elles réagissent, prennent conscience de leur situation ou position, ce qui modifie la manière dont elles se perçoivent, et dans certains cas se mobilisent et résistent.

Les classifications des personnes sont largement institutionnalisées et expriment un ordre social, bureaucratique et moral auquel on ne peut guère échapper : les catégories d'âge, les catégories ethniques et raciales, les classifications des professions, le manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM) sont non seulement des conventions qui permettent de regrouper et de qualifier les personnes, mais aussi des outils utilisés par les administrations publiques et les intervenants pour diagnostiquer ou évaluer, orienter l'action, décider d'un traitement, cibler des bénéficiaires ou gérer des populations.

Les opérations statistiques de classification constituent aussi une des ressources cognitives essentielles du pouvoir de l'État, comme

l'illustrent particulièrement le rôle des catégories ethniques et raciales des recensements ou l'histoire des catégories d'activité (voir *Statistisation* et *Sociopolitique de la statistique*). À ce titre, le choix des classes est plus qu'un simple choix technique : les classes constituent des instruments de l'action publique et induisent des effets propres indépendants de la volonté de ceux qui les ont conçues.

Bowker et Star conceptualisent les systèmes de classification comme des infrastructures technologiques qui sont à la fois conventionnelles et encastrées dans la pratique, matérielles et symboliques, organisationnelles et informationnelles. Par exemple, le système international de classification des maladies (ICD), mondialement utilisé par les États (à partir des certificats de décès), par les compagnies d'assurance et par les hôpitaux, est une infrastructure informationnelle très étendue qui opère de manière invisible comme support au travail médical. Ces structures informationnelles ne sont pas des toiles de fond passives, mais au contraire elles façonnent les représentations (voir *Infrastructure sociotechnique*).

Selon Ian Hacking, les classifications des gens peuvent aller jusqu'à modifier la manière dont ils se perçoivent. Les personnes sont ainsi des « cibles mouvantes » car elles sont façonnées par les classifications, ce qui induit des modifications qui rendent nécessaire en retour de réviser les classifications. Ce sont les experts qui jouent dans ce cadre d'analyse le rôle-clé dans la mesure où ce sont eux qui produisent la connaissance, travaillent au sein d'institutions qui contribuent à leur légitimité, et donnent des avis sur le contrôle des gens qui sont classifiés (voir *État, pouvoir et science* et *Scientisme et politique*).

L'expertise statistique est fondamentale dans la mesure où le dénombrement, la quantification et les corrélations contribuent à produire les connaissances. Ainsi dans le cas de la corpulence, la quantification par l'indice de masse corporelle (IMC) a permis de construire la catégorie d'obèse en dégagant des corrélations avec l'apparition de maladies cardiovasculaires au-delà d'un certain seuil d'IMC. Des institutions aussi diverses que l'Organisation mondiale de la santé et les compagnies d'assurance ont contribué à asseoir la légitimité et l'autorité de la classification des obèses.

Avec le développement des statistiques et des technologies informatiques, des méthodes de classification automatique se sont développées.

Leurs capacités de traitement de volumes importants de données expliquent qu'elles sont aujourd'hui plus utilisées que les méthodes manuelles, par exemple dans le séquençage de l'ADN, dans les systèmes d'information ou dans l'exploitation des grandes bases de données publiques. Les méthodes de classification automatique sont le plus souvent descriptives et reviennent à définir un critère de proximité (ou de distance) et un critère d'agrégation. Les classifications descriptives conduisent à la construction d'arbres de classification (dendrogrammes). D'autres méthodes, probabilistes, se fondent sur l'estimation du maximum de vraisemblance ou sur des approches bayésiennes.

Si ces différentes méthodes de classification automatique sont utiles pour identifier des catégories, elles tendent cependant aussi à générer des entités abstraites. Dans la théologie médiévale, les opérations qui conduisent à créer des entités collectives ont été vivement critiquées par les nominalistes, tel Guillaume d'Occam qui recommandait de ne pas multiplier les entités abstraites sans nécessité (d'où le principe du « rasoir d'Occam » ou de parcimonie). On risque ainsi de réifier les classifications en attribuant une existence objective à des catégories abstraites. Décontextualisées, elles font par ailleurs oublier les dynamiques d'interaction et les processus d'institutionnalisation à l'œuvre dans la constitution des classifications, qui seuls permettent de restituer leur logique et leur portée (voir *Statistisation*).



Bowker, Geoffrey et Susan Leigh Star (1999), *Sorting Things Out. Classification and Its Consequences*, Cambridge, MIT Press.

Degenne, Alain, Catherine Marry et Stéphane Moulin (2011), *Les catégories sociales et leurs frontières*, Québec, Presses de l'Université Laval.

Desrosières, Alain (1993), *La politique des grands nombres*, Paris, La Découverte.

— (2001), « Entre Réalisme métrologique et conventions d'équivalence : les ambiguïtés de la sociologie quantitative », *Genèses*, n° 43, p. 112-127.

Duris, Pascal et Pascal Tassy, « Classification du vivant », dans *Encyclopédie Universalis*.

Hacking, Ian (2006), « Types de gens : des cibles mouvantes », Collège de France.

Kertzer, David et Dominique Arel (2002), *Census and Identity: The Politics of Race, Ethnicity and Language in National Censuses*, Cambridge University Press.

Lascombes, Pierre et Patrick Le Gales (2004), *Gouverner par les instruments*, Paris, Presses de Sciences Po.

Salais, Robert, Nicolas Baverez et Bénédicte Reynaud (1986), *L'invention du chômage*, Paris, PUF.

## Clivage technologique

*Majlinda Zhegu*

La notion de clivage technologique fait état des disparités entre les pays (ou communautés) pour ce qui est de la capacité à créer, développer, assimiler, adapter, utiliser et diffuser les connaissances scientifiques et technologiques. En fonction de ce clivage, les pays se regroupent en pays leaders, qui se positionnent près de la « frontière technologique » (le niveau le plus avancé de la technologie à un moment donné), et en pays retardataires, qui se situent relativement plus loin de celle-ci (voir *Économie, science et technologie* et *Diffusion de la technologie*). Dès 1966, l'OCDE a élaboré un système d'indicateurs du clivage technologique pour identifier la nature et les causes des écarts technologiques entre ses pays membres et doter les décideurs politiques d'instruments d'intervention efficaces menant vers la convergence technologique. Les indicateurs du clivage technologique mesurent trois choses, soit : les différences entre les capacités nationales de développement de la science et de la technologie ; les différences en matière d'activité innovante ; les différences en matière d'effets sur l'économie nationale des activités scientifiques et technologiques (voir *Systèmes d'innovation*).

Le concept de clivage technologique est largement associé aux dichotomies Nord-Sud, centre-périphérie, pays industrialisé-pays non industrialisé, pays riche-pays pauvre. En effet, selon une approche linéaire du développement technologique, qui a longtemps imposé un modèle de développement lent, graduel, cumulatif et unidirectionnel, le progrès technologique se diffuse invariablement des pays développés vers les pays en développement. Selon la théorie du cycle de vie du produit, un pilier de l'approche linéaire, un produit novateur est généré dans un pays leader ; il est adopté localement d'abord, puis par d'autres pays industrialisés ; les pays en développement se chargent finalement de sa production lorsque le produit est mature et que les possibilités d'innovation sont épuisées. L'approche linéaire suggère ainsi la prééminence de différences structurelles qui perpétuent le maintien ou l'approfondissement du clivage technologique entre les pays développés et ceux en développement.

Les repositionnements fréquents des pays par rapport à la frontière technologique ont remis en question cette approche linéaire du clivage technologique. Pour mieux appréhender l'évolution et la diffusion des technologies, des auteurs comme Ames et Rosenberg, Beer, ou encore Giuliani et ses collaborateurs, ont étudié des cas de rattrapage réussi en ce qui concerne la production ou l'utilisation de technologies particulières. De plus, de nouveaux modèles évolutionnistes du commerce international et de la croissance économique ont été développés en se basant sur les processus d'imitation et de rattrapage technologique (voir *Économie évolutionniste*). Ce nouveau regard sur le clivage technologique et sur les stratégies de sa diminution met l'accent sur le contexte historique et le cadre institutionnel dans lesquels les processus d'imitation et de rattrapage économique ont lieu. Selon cette perspective, le clivage technologique est conditionné par des contraintes de nature économique, politique, institutionnelle et par des antécédents historiques. Ces contraintes entraînent l'activation de cycles virtuels de développement ou de cercles vicieux de sous-développement. Il devient alors crucial d'examiner les barrières à l'entrée et les fenêtres d'opportunité qui permettraient aux pays en développement de briser les dépendances de sentier.

Pragmatiquement, comment réduire le clivage technologique ? La littérature abondante sur le rattrapage technologique (*technological catch-up*) laisse entrevoir deux avenues possibles. D'un côté, on mise sur l'accélération du rattrapage technologique via l'émulation (l'imitation adaptée au contexte propre du pays) de la réussite des leaders technologiques. Juma et Clark s'attardent sur le processus de dé-maturité des produits qui créerait de nouvelles occasions d'innovation pour les pays en développement. Lall, pour sa part, met en avant le concept de « capacité technologique » d'un pays et expose ses liens avec la vitesse de son processus de rattrapage technologique.

D'un autre côté, Perez et Soete, ainsi que Prahalad, se questionnent sur la capacité de la démarche imitatrice à déclencher le dynamisme technologique nécessaire pour rapprocher les pays retardataires de la frontière technologique. Outre la possibilité de réduire le clivage technologique en participant à une course de vitesse dans la même direction que les leaders technologiques, les retardataires ont aussi le choix de réduire ce clivage en explorant d'autres paradigmes tech-

noéconomiques. Les cas réussis de rattrapage technologique rapide (*technological leapfrogging*) ou d'innovations technologiques et organisationnelles à moindre coût (*frugal innovation*) peuvent servir d'exemples dans cette direction.



- Arthur, B. (1994), *Increasing Returns and Path Dependence in Economy*, University of Michigan Press.
- Dosi, G. (1982), « Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and direction of technological change », *Research Policy*, vol. 2, n° 3, p. 147-162.
- Freeman, C. (2008), *Systems of Innovation: Selected Essays in Evolutionary Economics*, Edward Elgar Publishing Ltd.
- Giuliani, E., A. Morrison et R. Rabellotti (2011), *Innovation and Technological Catch Up: The Changing Geography of Win*, Edward Elgar.
- Lall, S. (1992), « Technological Capabilities and Industrialization », *World Development*, vol. 20, n° 2, p. 165-186.
- North, C. D. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press.
- Perez, C. et L. Soete (1988), « Catching Up in Technology: Entry Barriers and Windows of Opportunity », dans Dosi et al. (dir.), *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Francis Pinter, p. 458-479.
- Prahalad, C. K. (2004), *The Fortune at the Bottom of the Pyramid*, Wharton School Publishing.
- Reinert, E. (2007), *How Rich Countries Got Rich... and Why Poor Countries Stay Poor*, Londres, Constable and Robinson.

## Communication publique des sciences et des technologies

*Bernard Schiele*

L'histoire des relations entre sciences et société est à la fois celle d'une intégration croissante et celle d'une prise de conscience progressive de l'impact grandissant des sciences. Si ces impacts étaient autrefois limités, ils révolutionnent aujourd'hui tant le quotidien que les mots pour le nommer. C'est cette dynamique qui éclaire les stratégies valorisées pour rapprocher les sciences du grand public. Si l'appropriation des connaissances scientifiques est perçue depuis plus d'une quarantaine

d'années comme une nécessité sociale, c'est que l'adaptation des populations à un environnement sociotechnique en renouvellement perpétuel implique de nouvelles compétences, qui sont un préalable indispensable au maintien de la capacité collective d'innovation (voir *Économie de l'innovation*). Cette exigence mobilise : les gouvernements redoublent d'efforts pour promouvoir l'alphabétisation scientifique du public.

En fait, la production des connaissances scientifiques et leur publication ont toujours vogué de concert. Bien que la communication entre les savants présume une certaine fermeture du champ scientifique sur lui-même, et donc un refus d'échanger avec le public, cette dissociation même a fait naître l'idée d'une médiation entre les deux mondes, une volonté de faire exister les sciences dans le discours social (voir *Champ et Professionnalisation de la science*). La communication publique des sciences et des technologies (CPST), longtemps appelée « vulgarisation » ou « popularisation », apparaît ainsi au 19<sup>e</sup> siècle, alors que le progrès scientifique s'accélère. C'est alors que la « vulgarisation » prend son essor : comme l'indique Meadows, « on voit se multiplier non seulement les ouvrages destinés à propager les idéaux scientifiques, mais aussi les écrivains y consacrant l'essentiel de leur activité » (p. 396). À cette époque, la recherche est surtout fondamentale et l'objectif des « savants » est de rendre la nature intelligible et d'en proposer une vision unifiée (voir *Science et Lois scientifiques*). Cet idéal se perpétue dans la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, usant de la presse et des musées de science pour mettre en avant les savoirs scientifiques dans une logique d'éducation de la population. Le modèle privilégié est celui du rapport maître-élève : les scientifiques jouent à la fois le rôle de maîtres et de médiateurs et s'adressent à un public réputé ignorant, à qui il faut enseigner des rudiments de science pour élever son esprit et l'arracher à sa condition. L'approche est encyclopédique : l'accession au savoir est conçue comme une accumulation de parcelles de connaissances jugées essentielles pour quiconque se veut scientifiquement cultivé.

Avec les années, le pouvoir radical de transformation des sciences et des techniques devient évident et les sciences sont vite mises au service du développement économique et social. Il s'agit dès lors, inversant la logique qui avait prévalu, de connaître pour innover, et non plus de connaître pour connaître en laissant à d'autres le soin de trouver des applications aux connaissances produites. Dès lors, aussi, les efforts

pour élever la culture scientifique du grand public, pour le convaincre des retombées positives de la recherche et faire de lui un acteur de changement, sont considérables. Du même souffle, toutefois, il n'est plus possible de nier les problèmes qu'entraîne le nouveau poids des sciences et des technologies sur les affaires du monde. Tout se passe comme si les campagnes de valorisation de la culture scientifique s'accompagnaient d'une poussée d'incertitude et de doute. C'est une certaine idée du progrès qui est mise en cause : un futur qui ne se conçoit plus sans l'effet structurant des technosciences, mais qui ne peut échapper à un questionnement sur celles-ci (voir *Controverse* et *Risques technologiques*).

Sur le plan de la CPST, deux ruptures se produisent au début des années 1960. La première est l'autonomisation de la CPST. Les vulgarisateurs, jusqu'alors auxiliaires de la communauté scientifique, exigent d'en être les médiateurs exclusifs auprès du grand public. Ils justifient cette revendication en dénonçant les scientifiques, jugés incapables de s'adresser au public et de partager avec lui les « immenses pouvoirs que donne la connaissance », comme l'écriront Moles et Oulif (p. 33). La seconde rupture concerne le constat – déjà mentionné – que le progrès se double de nuisances et de risques. Il est alors devenu évident, même pour les moins avertis, que le renforcement de l'intégration science-société ne se limite pas à quelques effets collatéraux : le modèle de rationalité scientifique s'étend maintenant à toutes les sphères de l'activité humaine. On a compris, comme l'indique Salomon, que « c'est la vie scientifique qui encadre dans les sociétés postindustrielles tous les actes de la vie sociale – de l'école à l'université, de la formation professionnelle à tous les repères et productions de la culture, de la gestion des entreprises industrielles à celle des institutions politiques ». Il n'est plus possible de subsumer la complexité des rapports science-société sous un simple problème de communication entre les scientifiques et le public, ou d'incompétence à combler.

Somme toute, si le public reconnaît les bienfaits du développement scientifique et technologique, il admet les risques qui y sont associés. Dans ces conditions, il est devenu difficile de lui donner des leçons et de lui expliquer qu'il n'a pas voix au chapitre, parce qu'il est incompétent. Une autre façon de présenter les choses serait de dire que si les interactions constantes entre les sciences et la société transforment cette dernière, en se transformant, la société infléchit sa relation avec

les sciences. Du coup, il faut réviser la conception courante du savoir et de l'ignorance.

S'ajoute à cela la question de la parcellisation du savoir. Car ce que l'on croyait être le résidu d'une science encore inachevée s'est révélé la véritable tendance du développement scientifique: on sait maintenant que les sciences composent un « archipel », bien plus que l'île idéale dont on avait rêvé. Ainsi les disciplines continuent-elles de se scinder en spécialités de plus en plus autonomes les unes par rapport aux autres au fur et à mesure que les connaissances progressent (voir *Discipline et Interdisciplinarité*). Il s'ensuit, comme l'indique Lévy-Leblond, que « le niveau d'ignorance concernant un domaine particulier est pratiquement aussi élevé dans la collectivité scientifique... que parmi les profanes. On n'a donc pas affaire à un large fossé unique qui séparerait les scientifiques et les non-scientifiques, mais à une multitude de hiatus particuliers, séparant des spécialistes ».

Ainsi l'utopie d'une CPST à visée encyclopédique, conçue pour combler le fossé entre les chercheurs et les profanes, est-elle sans issue. Face à l'accumulation des connaissances dans des domaines étanches les uns par rapport aux autres, et face à l'accélération du rythme d'obsolescence des connaissances, l'actualisation des connaissances de quiconque ne peut s'envisager qu'en fonction de préoccupations professionnelles, d'intérêts personnels, de contraintes ponctuelles, ou de préoccupations du moment. La trajectoire individuelle est jugée déterminante. L'essor d'Internet concourt à cette tendance: la cyberculture voit émerger de nouveaux acteurs et marginalise les modalités traditionnelles de médiation scientifique. La diversification des moyens de communication réunit le scientifique et l'amateur passionné en passant par le médiateur professionnel, les uns comme les autres engagés dans la production et la mise en circulation de nouvelles scientifiques (voir *Médias et technologie*).

Il s'ensuit que la frontière entre les scientifiques et les profanes tend aujourd'hui à s'estomper. De plus, si la médiation scientifique traditionnelle visait le grand public, le nouveau régime de communication tend à mettre en contact des groupes d'intérêts particuliers. Cet aspect est d'autant plus important que la recherche d'information s'effectue à partir de moteurs de recherche à très large spectre et que les médias se diversifient (portails, e-zines, forums, pages personnelles, groupes de

discussion, blogues) au rythme où les usages du Net se diversifient eux aussi en fonction des intérêts de ces groupes (voir *Amateurs* et *Usager, figures de l'usager*). Par conséquent, une information spécialisée même destinée à des professionnels d'un domaine est aussi accessible au grand public, ou à tout le moins à un public intéressé.



Bauer, W. M., N. Allum et S. Miller (2007), « What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda », *Public Understanding of Science*, vol. 16, p. 79-95.

Bodmer, W. (1985), *The Public Understanding of Science*, Londres, The Royal Society.

Castells, E. (1996), *The Rise of the Network Society*, Cambridge (MA), Oxford, Blackwell Publishers Ltd.

Lévy-Leblond, J.-M. (2002), « Science, culture et public: faux problèmes et vraies questions », *Quaterni*, vol. 46, p. 95-103.

Meadows, J. (1986), « Histoire succincte de la vulgarisation », *Impact: science et société*, vol. 144.

Moles, A. A. et J.-M. Oulif (1967), « Le troisième homme, vulgarisation scientifique et radio », *Diogenes*, vol. 58.

Moscovici, S. (1976), *La psychanalyse, son image et son public*, Paris, Presses Universitaires de France, p. 22.

Raichwarg, D. et J. Jacques (1991), *Savants et ignorants – Une histoire de la vulgarisation des sciences*, Paris, Seuil.

Salomon, J.-J. (1999), *Survivre à la science*, Paris, Albin Michel.

## Connaissance tacite

*Peter Keating*

Le concept de connaissance tacite a été formulé en 1958 par le chimiste et philosophe hongrois Michael Polanyi. De nature polémique, le concept s'intégrait initialement à une entreprise de réfutation de certaines thèses du marxisme britannique des années 1930, et notamment celles soutenues par J. D. Bernal dans *The Social Function of Science* (1939). Pour ces marxistes, loin de se limiter à une quête individuelle de vérités générales, la science formait plutôt une entreprise collective et pragmatique, justifiant de ce fait un encadrement de politiques publiques orientant la recherche en direction d'objectifs sociaux et utilitaires. À ces

thèses, Polanyi objectait qu'elles reposaient sur une lecture erronée du fait scientifique, selon laquelle les données, objectives, seraient le pur produit d'un travail critique désengagé (voir *Objectivité et régulation*). Or, pour lui, la connaissance scientifique ne saurait se réduire à des ensembles fermés d'énoncés ou de propositions logiques, puisqu'elle impliquerait dès la base un engagement mondain du chercheur, manifeste dans les aspects artisanaux de la manipulation expérimentale, et impliquant la maîtrise d'un corps de connaissances non explicites, de « manières de connaître tacites ». Dépasant la seule maîtrise des habiletés techniques, la connaissance tacite concernerait aussi les croyances et les traditions partagées par la communauté de praticiens réunie autour d'un domaine spécifique de recherche. Généralement transmise sous forme non verbale, elle constituerait pour Polanyi le fonds à partir duquel des savoirs explicites peuvent émerger, et expliquerait pourquoi l'on en sait toujours plus sur un sujet que ce que l'on peut en dire. En ce sens, la distinction que suggère Polanyi entre connaissance tacite et connaissance explicite est similaire à celle que Gilbert Ryle esquissait entre connaître que (tel est le cas) et connaître comment (faire quelque chose) dans *La notion d'esprit* (1949).

L'assimilation de telles conceptions par les STS n'aura lieu que dans les années 1970, par le truchement des travaux de Thomas Kuhn, de Jerome Ravetz et d'Harry Collins. Kuhn en effet se référait à Polanyi dans la *Structure des révolutions scientifiques* (1962), notant que l'absence de règles formelles parcourant un paradigme se conformait à l'idée selon laquelle une large part des connaissances acquises dans la pratique scientifique demeure impossible à articuler explicitement (voir *Paradigme*). C'est l'emphasis sur l'aspect artisanal du travail scientifique que récupérerait quant à lui Ravetz, proposant de voir les objets de recherche comme des construits intellectuels. Mais ce sont surtout les travaux de Collins sur le rôle de la connaissance tacite dans le transfert de connaissances qui ont retenu l'attention. Dans une série d'études portant sur la reproduction de l'expérience dans des domaines aussi variés que ceux de la physique des ondes gravitationnelles, de la parapsychologie ou de la fabrication du laser, Collins observait des chercheurs se confronter à ce qu'il nommait le paradoxe de la régression expérimentale, paradoxe auquel la connaissance tacite serait loin d'être étrangère.

Selon Collins, en effet, puisque toute pratique expérimentale implique un certain nombre d'habiletés enracinées dans la connaissance tacite, il demeurerait toujours possible d'attribuer un échec dans la reproduction d'une procédure expérimentale et de ses résultats à une maîtrise inadéquate, de la part d'un scientifique, de ces éléments difficilement pondérables. Devant de tels cas, qui conduisent en règle générale vers une controverse scientifique, les chercheurs doivent envisager de tenir une nouvelle expérience de contrôle pour valider les conditions de la première reproduction expérimentale, et ainsi de suite, potentiellement jusqu'à l'infini. Pour éviter une telle régression et sortir de la controverse, la communauté scientifique doit faire un choix : soit elle décide d'abandonner l'expérience, soit elle se dote par convention d'un cadre explicitant les standards d'une reproduction expérimentale acceptable. Mais de la même manière que tout schème normatif validé en vient à s'incorporer dans une forme de vie prescrivant justement la règle, ces conventions entre chercheurs en viennent à déterminer tacitement les normes de la pratique scientifique.

Depuis la publication en 1986 de *Changing Order*, où il synthétise ses travaux antérieurs, Collins a élargi l'éventail de ses recherches sur la connaissance tacite en s'intéressant notamment aux recherches sur l'intelligence artificielle. Sur ce terrain, il s'est opposé aux thèses du philosophe Hubert Dreyfus concernant les limites du développement informatique. Selon Dreyfus, un ordinateur – ou un robot programmé par un ordinateur – demeurera toujours incapable de reproduire une action humaine si cette action dépend d'habiletés et de connaissances tacites, puisqu'un programme informatique ne peut que répondre à des règles explicites. Collins suggère plutôt que les actions humaines sont d'abord et avant tout sociales, à savoir qu'elles n'ont de sens que si elles sont prises dans le contexte d'un rapport déterminé. De telle sorte que même si un robot ne reproduisait pas parfaitement une action humaine pour laquelle il aurait été programmé, il pourrait suffire de modifier le contexte où cette action se produit pour qu'il devienne raisonnable de soutenir que l'action humaine a en effet été fonctionnellement remplacée par la sienne. Ainsi, un exemple tout à fait concret de remplacement fonctionnel est celui où, dans le contexte social de l'industrie automobile, les peintres humains quittent la ligne de montage au profit des robots.

Comme il le revendique dans *Tacit and Explicit Knowledge*, Collins en arrive donc à renverser les deux caractéristiques attribuées par Polanyi à la notion de connaissance tacite. D'une part, la connaissance tacite, qui n'est pas toujours une connaissance personnelle, n'est plus un attribut individuel. Plutôt, à la base des connaissances personnelles incorporées par des individus, il existe des formes de connaissance tacite collective (voir *Infrastructure sociotechnique*). Et par exemple, la conduite automobile implique non seulement une maîtrise personnelle du véhicule, mais encore une maîtrise des règles collectives, parfois implicites, du code de la route. D'autre part, Collins suggère de considérer la connaissance tacite plutôt comme la limite de la connaissance explicite que comme son fondement (voir *Analogie et métaphores*). Car en effet, ce n'est qu'après avoir épuisé les possibilités d'explicitation d'une connaissance que l'on se tourne vers la connaissance tacite – qui devient donc visible dans le projet d'objectivation et de régulation des connaissances que sont les sciences modernes.



Cambrosio, Alberto et Peter Keating (1988), «Going Monoclonal: Art, Science and Magic in the Day-to-Day Use of Hybridoma Technology», *Social Problems*, vol. 35, p. 244-260.

Collins, Harry (1985), *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, Chicago University Press.

— (2010), *Tacit and Explicit Knowledge*, Chicago University Press.

— (1992), «Hubert L. Dreyfus, Forms of Life, and a Simple Test for Machine Intelligence», *Social Studies of Science*, vol. 22, p. 726-739.

Dreyfus, Hubert (1992), «Response to Collins' Artificial Experts», *Social Studies of Science*, vol. 22, p. 717-726.

Polanyi, Michael (1958), *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*, University of Chicago Press.

Ravetz, Jerome R. (1971), *Scientific Knowledge and Its Social Problems*, Oxford University Press.

Ryle, Gilbert (2005), *La notion d'esprit: pour une critique des concepts mentaux*, Paris, Payot.

Selinger, Evan (2003), «The Necessity of Embodiment: The Dreyfus-Collins Debate», *Philosophy Today*, vol. 47, p. 266-279.

Wittgenstein, Ludwig (1953), *Philosophical Investigations*, Oxford, Blackwell.

## Construction sociale des technologies

*Pierre Doray*

Pinch et Bijker s'inscrivent de plain-pied dans le changement de paradigme qui a posé comme objet principal la production sociale des technologies plutôt que l'analyse des impacts sociaux des technologies (voir *Technologie et Déterminisme technologique*). Ils ont proposé dès 1982, à l'occasion d'un colloque à l'Université Twente, l'approche SCOT (pour *Social Construction of Technology* ou « construction sociale des technologies ») dans l'esprit d'un rapprochement avec l'approche dite EPOR (pour *Empirical Program of Relativism*) proposée par Harry Collins en 1981.

Globalement, le modèle SCOT considère la technologie comme une boîte noire dans laquelle il faut entrer afin de saisir comment le social a influencé son élaboration ou son modelage. Ainsi, le succès d'une technologie ne doit donc pas dépendre de ses qualités intrinsèques, celles-ci étant justement en élaboration. Une technologie est donc considérée comme un assemblage produit à la suite d'un processus de sélection entre différentes options possibles. L'analyse de la constitution de l'artefact phare du modèle SCOT, la bicyclette, est particulièrement intéressante à cet égard. Les auteurs distinguent trois moments analytiques.

Le premier consiste à repérer les différentes représentations et interprétations portées par divers « groupes significatifs » (*relevant groups*), c'est-à-dire des groupes qui participent au débat pour attribuer des significations spécifiques à un objet en élaboration. Il s'agit de mettre en évidence la flexibilité interprétative dont font montre différents acteurs, individuels ou collectifs, regroupements formels ou informels, au cours de la construction d'un artefact. Se jouent, dans cette « controverse », des visions différentes de l'usage de l'artefact, des correspondances diverses entre l'objet matériel et la signification que des groupes sociaux attribuent à l'objet, et la constitution matérielle des objets. Les différences, les oppositions ou les conflits en œuvre peuvent être de différentes natures : exigences techniques différentes voire contradictoires entre les différents groupes, solutions différentes pour « régler » un problème donné, conflits entre des normes morales ou socioculturelles et l'usage possible de l'objet (voir *Théorie de l'acteur-réseau*).

La seconde étape analytique consiste à cerner et décrire les processus de fermeture ou de clôture des débats (*closure*) et de fixation du design de l'artefact (*stabilization of an artefact*). Un premier mode est la fermeture rhétorique qui consiste à faire disparaître les problèmes, ce qui signifie que des groupes sociaux ne voient plus le ou les problèmes. Ainsi, au cours du débat, des significations ou des représentations attribuées à l'objet technique ont été façonnées de telle sorte que des consensus entre des visions différentes, voire opposées, sont établis sur le design. Un second mode est la fermeture par redéfinition des problèmes. Ainsi, une solution donnée est adoptée car bien qu'elle ne règle pas nécessairement un premier problème identifié, elle fait consensus sur un autre. En faisant cette traduction, l'adhésion d'autres groupes significatifs devient possible et le consensus pour cette solution s'étend (voir *Controverse*).

Le troisième moment analytique consiste à réintroduire les contextes sociopolitiques et culturels plus larges dans l'analyse. À cet égard, ces derniers façonnent les normes et les valeurs des différents groupes qui elles-mêmes influencent la signification attribuée à un objet.

En complémentarité à ce cadre analytique, Bijker propose un concept qui se trouve à l'interface des moments précédents : celui de cadres technologiques (*technological frame*). Ceux-ci sont constitués d'un ensemble d'entités comme des concepts, des théories, des savoirs tacites, des pratiques d'ingénierie, des méthodes de fabrication et de conception, des procédures de test et de manipulation, et des usages (voir *Connaissance tacite* et *Normes et standards*). Cet ensemble possède une certaine unité qui se révèle dans les interrelations entre les différents groupes significatifs, chacun d'entre eux construisant un cadre spécifique, qui produit des significations particulières attribuées à l'objet concerné (voir *Objet-frontière*). Dès lors, l'élaboration d'un objet peut se négocier dans les relations entre cadres portés par un ou plusieurs groupes. Ce concept articule le deuxième et le troisième moment car il permet de saisir comment l'environnement social structure l'objet. C'est le cas quand un groupe domine les relations et impose son cadre et donc son interprétation.

Pour ses partisans, cette approche présente plusieurs avantages. Elle permet de rendre compte des technologies utilisées (celles qui ont

«réussi») autant que des échecs, restituant le principe de symétrie cher à la sociologie des sciences. Elle oblige aussi à regarder l'action de tous les acteurs et non seulement celle des ingénieurs et des techniciens. Par exemple, les cadres technologiques ne sont pas uniquement portés par ces derniers, mais aussi par des gestionnaires, des sportifs, des actionnaires, des consommateurs, etc. (voir *Usager et figures de l'usager*).

Les critiques ont toutefois été vives, confrontant souvent différentes approches sociologiques (voir *Sociologie des sciences*). Une première porte sur la transposition des approches pour l'étude des sciences à celles portant sur les technologies. Une seconde a cherché à préciser le concept de groupe significatif, par une interrogation sur leur identification et leur apport dans le processus de sélection des composantes. Au sujet de leur identification, une question a été de savoir s'il ne faut retenir que les catégories directement impliquées dans la construction des objets ou s'il faut ouvrir davantage l'analyse (voir *Catégories*). Pour sa part, Russell rappelle que des groupes sociaux comme les femmes ou les fractions de classe ont une influence inégale sur le modelage des technologies car ils ont un pouvoir social inégal. Se trouve ainsi posé l'enjeu de l'usage de catégories sociales classiques (comme les classes sociales) pour comprendre le développement des technologies, par rapport à des groupes d'acteurs immédiatement mobilisés dans la construction de l'objet. Plus récemment, Humphreys a proposé de distinguer quatre catégories de groupes significatifs en fonction de leur contribution au processus de conception des objets : les producteurs, les promoteurs, les usagers et les spectateurs. Quant à l'apport des différents groupes sociaux significatifs, plusieurs commentateurs, dont Winner et Russell, ont noté qu'il ne suffit pas d'examiner leurs représentations et la signification qu'ils accordent à l'objet en construction, mais qu'il faut aussi prendre en compte leur capacité d'agir et d'influencer le processus de création. Là encore, on est *ipso facto* renvoyé au positionnement politique et économique des différents groupes sociaux dans la société en général.

En ce qui concerne les mécanismes de clôture et de stabilisation, plusieurs critiques soulignent que les fermetures ou les clôtures ne sont pas irréversibles, comme l'a soutenu Bijker, mais temporaires, car un groupe social significatif peut remettre à l'ordre du jour un problème et ainsi ouvrir la controverse sur le design d'un objet. Une

critique analogue a visé le concept de stabilisation (Rosen a notamment souligné la flexibilité structurelle associée à l'économie capitaliste), ce qui a conduit Bijker à introduire le concept de « degré de stabilisation » et Humphreys celui de « stabilisation structurelle » pour distinguer les situations peu porteuses de changements des situations, portant essentiellement sur les usages et le langage, où les changements sont plus prégnants.

L'idée du renvoi à la structure sociale a aussi fait l'objet de quelques critiques. L'une estime que le modèle sous-estime le poids de cette structure dans le processus de création des objets. Par exemple, Rosen soutient que la distinction entre les trois moments est problématique dans la mesure où le troisième moment est nécessaire pour comprendre les deux premiers (voir *Constructivisme social*). Il évoque, en guise d'exemple, en quoi le passage à l'économie postfordiste est un facteur essentiel pour saisir le développement du vélo de montagne. Russell avait précédemment souligné l'intérêt de recourir à la théorie du procès de travail (*labour process theory*) pour comprendre le développement des technologies en milieu de travail (voir *Diffusion de la technologie*). En d'autres mots, il ne suffit pas d'une description fine ou microsociologique des controverses sur le design d'un objet pour saisir la dynamique complète de création : il faut aussi chercher à comprendre l'influence des tendances « macro », ou structurelles.

Depuis sa première formulation, le modèle SCOT a donc contribué sur le plan théorique à saisir comment les relations sociales, voire les rapports sociaux, contribuent à la production des technologies. Il a aussi permis de fixer des balises méthodologiques pour le développement d'études de cas qui ont souligné la variété des processus de création des technologies.



Bijker, Wiebe E. (1995), *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge (MA), MIT Press.

— (1993), « Do not Despair: The Is Live after Constructivism », *Science, Technology and Human Value*, vol. 18, n° 1, p. 113-138.

Bijker, Wiebe E., Thomas Parke Hughes et Trevor J. Pinch (dir.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems : New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA), MIT Press.

- Bijker, Wiebe E. et John Law (dir.) (1992), *Shaping Technology and Building Society*, Cambridge (MA), MIT Press.
- Pinch, Trevor (1996), « The Social Construction of Technology: A Review », dans Robert Fox (dir.), *Technological Change. Methods and Themes in the History of Technology*, Amsterdam, Harwood Academic Publishers, p. 17-35.
- Pinch, Trevor J. et Wiebe E. Bijker (1984), « The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other », *Social Studies of Science*, vol. 14, n° 2, p. 399-441.
- (1986), « Science, Relativism and the New Sociology of Technology: Reply to Russell », *Social Studies of Science*, vol. 16, n° 2, p. 399-441.
- Rosen, Paul (1993), « The social construction of Mountain Bikes: Technology and Post-modernity in the Cycle Industry », *Social Studies of Science*, vol. 23, n° 3, p. 479-514.
- Russell, Steward (1986), « The Social Construction of Artefacts: A Response to Pinch and Bijker », *Social Studies of Science*, vol. 16, n° 2, p. 331-346.
- Sismondo, Sergio (1993), « Some Social Constructions », *Social Studies of Science*, vol. 23, n° 3, p. 515-559.
- Winner, Langdon (1993), « Opening the Black Box and Finding It Empty: Social Constructivism and the Philosophy of Technology », *Science, Technology and Human Values*, vol. 18, n° 3, p. 362-378.

## Constructivisme social

*Mathieu Marion*

Le terme « constructivisme social » recoupe de nombreuses thèses en philosophie et sociologie des sciences, portant sur une grande variété de sujets comme le genre ou les quarks. Ces thèses ont leur origine en sociologie des sciences, à la fois dans la critique de l'approche internaliste par Thomas Kuhn, dans le courant de l'ethnométhodologie de Latour et Woolgar ou dans le « programme fort » de l'école d'Édimbourg (voir *Paradigme* et *Sociologie des sciences*). Les sources philosophiques sont aussi variées, allant de la phénoménologie à la philosophie française, Foucault en particulier, et à Wittgenstein (voir *Philosophie des sciences*).

Le constructivisme social procède à la fois d'une défiance à l'égard de la vérité et de la thèse selon laquelle il existerait plusieurs manières de connaître le monde qui seraient radicalement différentes quoique d'égale prétention à la validité. Selon Ian Hacking, pour un *X* quelconque présentement tenu pour acquis, le constructivisme social s'oppose à la thèse de son inévitabilité, en soutenant plutôt que *X* pourrait

ne pas être ou n'est en rien déterminé. Un argument « généalogique » à l'appui de la thèse que  $X$  pourrait ne pas être consiste à démontrer l'origine historique de  $X$ , de manière à exposer sa genèse et les contingences qui ont pu l'entourer. Hacking souligne toutefois que conclure, de cette origine historique, à l'absence de nécessité de  $X$  est un *non sequitur*: la réalité peut rendre vraie de façon nécessaire la théorie de la gravitation même si celle-ci a une origine historique.

En fait, la thèse selon laquelle nos concepts ont une origine sociale est triviale en soi: le constructivisme social n'aurait aucun mordant s'il s'y limitait. Aussi les constructivistes font-ils appel à un argument contrefactuel selon lequel l'accord de la communauté scientifique précède et crée les « faits »: les choix des scientifiques ne seraient donc pas spécialement contraints par une réalité indépendante et « objective » (voir *Histoire des sciences et Relativisme*).

Cette forme d'idéalisme ouvre la porte au relativisme de la connaissance. Toujours selon Hacking, les défenseurs du constructivisme social proposent souvent, pour des raisons d'ordre politique, de se débarrasser d'un  $X$  dont on aura montré qu'il est socialement construit. Toutefois, des cas comme le recours à cette posture épistémologique par ceux qui nient l'existence du réchauffement global, en montrant sa « construction sociale » par la communauté scientifique, ont conduit certains constructionnistes, comme Bruno Latour, à repenser leur stratégie intellectuelle (voir *Controverse*).



Berger, P. L. et T. Luckmann (1967), *The Social Construction of Reality. A Treatise in the Sociology of Science*, New York (NY), Anchor Books.

Bloor, D. (1983), *Wittgenstein. A Social Theory of Knowledge*, New York (NY), Columbia University Press.

— (1991), *Knowledge and Social Imagery*, 2<sup>e</sup> édition, University of Chicago Press.

Boghossian, P. (2006), *The Fear of Knowledge. Against Relativism and Constructivism*, Oxford, Clarendon Press. Traduction française: *La peur du savoir. Sur le relativisme et le constructivisme de la connaissance*, Marseille, Agone, 2009.

Hacking, I. (1999), *The Social Construction of What ?*, Cambridge (MA), Harvard University Press. Traduction française: *Entre science et réalité. La construction sociale de quoi ?*, Paris, La Découverte, 2008.

Kuhn, T. (1996) [1962], *The Structure of Scientific Revolutions*, 3<sup>e</sup> édition, University of Chicago Press, Traduction française de la 2<sup>e</sup> édition: *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.

- Kukla, A. (2000), *Social Constructivism and the Philosophy of Science*, Londres, Routledge.
- Latour, B. (2004), « Why has critique run out of steam? From matters of fact to matters of concern », *Critical Inquiry*, vol. 30, p. 225-248.
- Latour, B. et S. Woolgar (1986 [1979]), *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, Princeton University Press. Traduction française : *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, Paris, La Découverte, 1988.
- Lorber, J. et S. A. Farrell (1991), *The Social Construction of Gender*, Newbury Park (CA), Sage Publications.
- Nelson, A. (1994), « How could facts be socially constructed? », *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 25, p. 535-547.
- Pickering, A. (1984), *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*, Edinburgh University Press.

## Controverse

*Élisabeth Gauthier et Yves Gingras*

Dans la langue courante, une controverse est un désaccord entre des acteurs qui provoque une discussion, une dispute. Dans le champ des études sur les aspects sociaux des sciences et des technologies, il est utile de distinguer deux types-idéaux de controverses, soit les « controverses scientifiques » et les « controverses publiques ».

Les controverses scientifiques se déroulent dans un espace relativement clos, le champ scientifique, et opposent des experts reconnus d'une même discipline ou d'un même domaine de recherche (chimie, physique, sociologie, nanotechnologie, etc.) sur des éléments de contenu ou de méthode, des faits, des hypothèses ou des théories (voir *Champ*). Les acteurs en présence ont le plus souvent des formations homogènes car ils font partie de la même discipline et partagent ainsi un certain vocabulaire technique et la connaissance tacite des règles du jeu (voir *Discipline* et *Paradigme*). Ainsi, le débat est en général relativement bien encadré et limité et finit par mener, à court ou moyen terme, à un consensus au sein de la discipline ou du domaine de recherche. C'est d'ailleurs le caractère relativement fermé et homogène des champs scientifiques qui assure ce contrôle relatif du déroulement des débats, les agents trop déviants ou remettant en cause trop d'acquis au même moment étant souvent rejetés à l'extérieur et exclus du champ (voir *Évaluation par les pairs*). Ainsi, les débats entourant l'existence de

particules élémentaires nommées « quarks » ou la quantité de neutrinos produite par le Soleil se sont déroulés au sein de petits groupes de chercheurs spécialisés dans ces domaines et se sont tenus dans des revues spécialisées, sans que le « public » ne s'y intéresse vraiment, et encore moins y participe activement.

Au contraire, les controverses publiques font intervenir une diversité d'acteurs – groupes de pression, citoyens, représentants politiques, entreprises, médias. Ces acteurs possèdent des savoirs très diversifiés et ne partagent pas nécessairement de normes communes. Les controverses publiques sont peu encadrées, donc peu prévisibles dans leur déroulement. Aucune règle commune d'évaluation ne s'applique à l'ensemble des acteurs en présence et la convergence vers un consensus est d'autant moins probable, comparativement à ce que l'on observe dans les débats scientifiques, que les débats publics font toujours intervenir des points de vue idéologiques, politiques, religieux ou moraux qu'aucune méthode spécifique ne peut vraiment trancher. Et alors que les controverses scientifiques se déroulent avant tout dans le petit monde des revues savantes spécialisées, peu accessibles au citoyen ordinaire, les controverses publiques occupent au contraire l'espace public via les médias habituels que sont les journaux, magazines, émissions de radio et de télé et maintenant les sites Internet, blogs et autres fils Twitter.

Il n'existe pas de mode standard de déclenchement d'une controverse publique. Celle-ci peut être lancée par un acteur remettant en question un consensus scientifique, comme ce fut le cas de la controverse entourant l'usage du DDT, ou encore naître d'une controverse scientifique et s'étendre à un espace social plus large parce que l'objet du litige touche à des intérêts extérieurs au champ scientifique. Pensons aux controverses entourant la reproduction médicalement assistée ou les impacts environnementaux de l'exploitation des gaz de schiste (voir *Risques technologiques* et *Normes et standards*). Enfin, elle peut surgir malgré l'existence d'un consensus scientifique, comme la controverse aux États-Unis sur l'enseignement de la théorie de l'évolution de Darwin.

Tout comme l'étude de la déviance permet de mettre en évidence des règles sociétales souvent implicites et surtout invisibles en temps normal, de même les controverses scientifiques rendent visibles la dynamique sociale des échanges entre scientifiques et les règles qu'ils tiennent souvent pour acquises sans toutefois toujours les appliquer.

Les controverses publiques constituent quant à elles des occasions d'observer les multiples filtres qui interviennent entre la production d'un savoir dit « scientifique » et sa réception dans l'espace public, c'est-à-dire en dehors du petit monde des savants spécialistes de la question (voir *Professionnalisation de la science*). Elles montrent aussi que ce qui est présenté comme « scientifique » par les uns est plutôt perçu comme « politique » ou « idéologique » par les autres (voir *Scientisme et politique*). Toutes ces controverses créent ainsi, comme par inadvertance, des fenêtres d'observation sur la science et ses acteurs et sur la façon dont les médias les représentent et les citoyens les comprennent (voir *Communication publique des sciences et des technologies*).



- Callon, M., P. Lascoumes et Y. Barthe (2001), *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique*, Paris, Seuil.
- Ceccarelli, L. (2011), « Manufactured Scientific Controversy: Science, Rhetoric, and Public Debate », *Rhetoric & Public Affairs*, vol. 14, n° 2, p. 195-228.
- Chateauraynaud, F. et D. Torny (1999), *Les sombres précurseurs : une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque*, Paris, Éditions de l'École des hautes études en science sociale.
- Engelhardt, H. T. et A. L. Caplan (dir.) (1987), *Scientific Controversies: Case Studies in the Resolution and Closure of Disputes in Science and Technology*, Cambridge University Press.
- Lahsen, M. (2005), « Technocracy, democracy, and U.S. climate politics: the need for demarcations », *Science, Technology and Human Values*, vol. 30, p. 137-169.
- Martin, B. et E. Richards (1995), « Knowledge, controversy and public decision making », dans S. Jasanoff, G. E. Markle, J. C. Petersen et T. Pinch (dir.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Londres, Sage Publications, p. 506-526.
- Mulkay, M. (1997), *The Embryo Research Debate. Science and the Politics of Reproduction*, Cambridge University Press.
- Nelkin, D. (1992), *Controversy. Politics of Technical Decisions*, 3<sup>e</sup> éd., Londres, Sage Publications.
- Raynaud, D. (2003), *Sociologie des controverses scientifiques*, Paris, PUF.

## Déterminisme technologique

*Pierre Doray et Florence Millerand*

Plusieurs chercheurs s'interrogent sur le rôle des non-humains dans le développement de la science et de la technologie (voir *Théorie de l'acteur-réseau*). Ces travaux, toutefois, ne confrontent pas la question des rapports entre humains et non-humains avec d'autres perspectives qui cherchent aussi à articuler les liens entre la technique et le social, comme le déterminisme technologique et les postures épistémologiques alternatives. En effet, pendant plusieurs années, la sociologie des techniques et la sociologie du travail se sont interrogées sur le statut des outils et des objets dans l'analyse du développement des technologies, et sur leur impact dans la vie sociale. À cet égard, différentes postures ont été proposées.

Une première posture, le déterminisme technologique, pense les relations sur le plan des impacts des technologies dans la vie sociale. Le progrès technique, le type de production ou l'émergence des médias électroniques, par exemple, auraient des effets directs sur la vie au travail, la structure des organisations ou la dynamique de la vie domestique. Dans tous les cas, l'argument consiste à considérer que, par sa seule présence, l'objet technique influence le social, dans une logique causale où le premier est la variable indépendante et la seconde, la variable dépendante. Cet argument en suppose un second, souvent implicite : l'évolution technique serait autonome ou indépendante de l'organisation du social car produite dans une dynamique essentiellement interne (la technique produit la technique). Dès lors, l'analyse porte sur la nature des changements produits, la technologie étant considérée comme une boîte noire, le sociologue, l'historien ou le philosophe n'ayant pas réellement de prise pour en comprendre le développement.

Les critiques de cette posture déterministe sont nombreuses. D'abord, la qualité et la précision des variables utilisées pour caractériser les technologies sont jugées souvent trop lâches. Le lien de causalité fait aussi l'objet de contestations quand, pour une technologie similaire, on constate des usages ou des formes organisationnelles différentes, laissant penser que d'autres dimensions interviennent pour moduler le

lien entre la technique et le social. Mais surtout, on critique l'absence de réflexion sur la production même des technologies.

Les postures alternatives changent l'angle d'approche. Certaines inscrivent l'influence de la technique dans un ensemble plus vaste de déterminations. Il est alors possible de parler de déterminisme multiple. L'organisation, par exemple, serait façonnée non seulement par les techniques adoptées mais aussi par les stratégies des acteurs, les modes de gestion du changement technologique, le type de marché économique dans lequel l'entreprise baigne, etc. (voir *Diffusion de la technologie*). Dans un autre cas de figure, la relation entre technologie et organisation est elle-même modulée par l'influence d'autres dimensions sociales, économiques ou organisationnelles. Par exemple, l'impact de la technologie est différent dans les petites entreprises, comparative-ment aux grandes entreprises, en raison des propriétés économiques et organisationnelles spécifiques des PME. Pour sa part, Kling propose une autre variante : l'effet social des technologies (dans ce cas précis, les technologies de l'information et de la communication) est tributaire des systèmes techniques en jeu ainsi que du type d'organisation dans lequel elles s'inscrivent (voir *Infrastructure sociotechnique*). Le trait commun de ces diverses propositions théoriques consiste à soutenir que la relation technologie-organisation est liée à l'influence de tierces variables appartenant aux systèmes ou organisations en présence.

D'autres propositions théoriques ont interrogé la production des techniques et des technologies, ouvrant sur l'hypothèse d'un déterminisme social. Les techniques auraient un impact sur le social parce qu'il y aurait une incorporation de rapports sociaux dans leur constitution matérielle. Expression d'une matérialisation du social, elles ont une influence car elles sont porteuses de choix sociaux et organisationnels. La technique prolongerait le développement politique de la société ; elle serait la matérialisation de l'organisation sociale et politique de la société. Ainsi, le capitalisme a permis l'émergence de la machine à vapeur qui elle-même a modifié les modes de fabrication. La technologie, combinée à d'autres modalités organisationnelles, peut alors être considérée comme un instrument de contrôle social structurant les modes de travail et les entreprises. Cette alternative au déterminisme technologique propose une relation inversée : le social serait producteur de la technique qui, par incorporation du social (culture des

organisations, objectifs ou intérêts des producteurs de technologies), agirait sur le social (voir *Construction sociale des technologies*).

Un dernier ensemble de travaux refuse l'existence même de la posture déterministe. Nous nous retrouverions devant une double construction : le social produirait le technique et ce dernier façonnerait le social. Le changement technologique en entreprise est ainsi conçu comme la rencontre de technologies porteuses d'un design de l'organisation (souvent modulée pour faire place aux nouvelles technologies) et des modes de gestion des changements qui prévalent déjà dans l'entreprise (voir *Gestion de la technologie*). Hughes propose le modèle de la toile sans couture (*seamless web*) pour comprendre le développement technologique produit dans l'enchevêtrement de différents éléments techniques, sociaux, économiques. Ainsi, l'analyse du processus d'électrification des États-Unis souligne bien ce travail de construction de grands systèmes techniques qui se réalise sur différents fronts. Dans ce cadre, le développement technique n'est pas exogène aux rapports sociaux tant sur les plans culturel qu'économique. En même temps, il y a ici reconnaissance de l'impact des objets dans la vie sociale, bien que le concept d'impact ne soit plus tout à fait le même que celui qui prévaut dans la posture déterministe.

En résumé, la relation entre le monde technique et le monde social a fait l'objet de nombreuses propositions permettant d'en saisir mieux les articulations. Les techniques ont une influence sur le social parce qu'elles incorporent des designs organisationnels et des éléments culturels présents tout au cours de leur élaboration : leur appropriation conduit à des recompositions institutionnelles puisque des acteurs sociaux modulent les technologies et les organisations. Sans aller jusqu'à appréhender les objets et la nature à travers une dialectique humains/non-humains, au risque de les anthropomorphiser, ces différentes propositions ont montré qu'elles permettaient d'en saisir les apports et les contraintes à la fois sur les relations entre acteurs et sur les structures institutionnelles et organisationnelles.



Alsène, Eric (1990), « Les impacts de la technologie sur l'organisation », *Sociologie du travail*, vol. XXX, n° 3, p. 321-337.

Braverman, Harry (1976), *Travail et capitalisme monopoliste*, Paris, Maspéro.

- Ellul, Jacques (1977), *Le système technicien*, Paris, Calmann-Levy.
- Hughes, Thomas P. (1983), *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- (1986), « The seamless Web: Technology, Science, Etcetera, Etcetera », *Social Studies of Science*, vol. 16, p. 281-292.
- Kling, R. (1991), « Computerization and Social Transformations », *Science, Technology and Human Values*, vol. 16, n° 3, p. 342-367.
- Marglin, Stephan (1971), « Origines et fonctions de la parcellarisation des tâches », dans A. Gorz (dir.), *Critiques de la division du travail*, Paris, Seuil, coll. « Le Point ».
- Mumford, Lewis (1950), *Civilisation et technique*, Paris, Éditions du Seuil.
- Noble, David F. (1984), *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*, New York, A. A. Knopf.
- Woodward, Joan (1965), *Industrial Organization: Theory and Practice*, Oxford University Press.

## Développement et technologie

*Hocine Khelfaoui* †

La notion de développement est étroitement liée aux politiques de rattrapage économique menées avec plus ou moins de succès par les pays dits sous-développés. Dans nombre de ces pays, l'objectif de développement est associé à celui d'industrialisation, perçue, dans un passé récent, comme l'unique moyen de se développer. Cette association d'idées tend pourtant à se dissiper car, l'offre ayant excédé la demande solvable, la production qualitative fondée sur l'innovation technologique l'emporte sur la reproduction quantitative. Allant au-delà de la notion de croissance utilisée en sciences économiques, la notion de développement intègre par ailleurs des dimensions sociales et culturelles.

Dès lors, la notion de développement se mesure au rythme du renouvellement technologique. Matérialisation d'une invention ou d'une transformation qualitative, la technologie naît de l'innovation. Cependant, la technologie ne peut se développer si le processus de création se limite à des énoncés théoriques et pratiques qui, pouvant aller jusqu'aux prototypes, ne se traduisent pas en produits marchands. Par exemple, dans les pays « sous-développés », des centres de recherche et même des entreprises parviennent à des inventions scientifiquement solides mais, après cette étape, voient le processus d'innovation, qui

implique des changements socio-organisationnels, se heurter à des rigidités politiques. Les termes « développement » et « technologie » sont donc indissociables de l'innovation. Des programmes de « transfert de technologie » ont certes permis à des pays acquéreurs d'utiliser des technologies de pointe, mais ces derniers restent dépendants des créateurs. Michel de Certeau souligne la difficulté d'« embrayer » pour passer de l'utilisation passive et individuelle à l'appropriation active et collective, des normes prescrites aux pratiques sociales autonomes.

L'antagonisme entre les normes prescrites et les pratiques sociales peut se trouver doublement amplifié. Il l'est, d'une part, par le décalage entre le « système sociotechnique », surtout s'il est importé, et le milieu social local. Il l'est, d'autre part, par la persistance d'un imaginaire inhibant, marqué par une certaine tendance à déifier la technologie. Entretien de l'extérieur, la technologie tend alors à s'imposer comme une entité a-historique, indépendante de soi et fondée sur un individu ne jouissant pas de cette « autonomie responsable », nécessaire à la création, dont parle Cornelius Castoriadis. Bourdieu en met à nu le sens profond : tandis que les dirigeants s'épuisent à « mettre en forme » les « règles du jeu », les agents sociaux se chargent de « mettre les formes » qui sont « autant de jeux avec la règle du jeu ».

Se situant dans le contexte de la domination économique et de la mondialisation, des auteurs mettent en cause le concept même de « développement ». Pour Serge Latouche, Bernard Hours et d'autres, le développement, surtout celui des « pays riches assurant l'essor des pays pauvres », n'a plus de sens. L'opposition entre « développement » et « sous-développement » tendrait plutôt à disparaître, tous les pays du monde étant « en développement » et donc en compétition féroce. Selon Latouche, la dérégulation et la déréglementation ont supprimé toute contextualisation et laissé la porte ouverte à une américanisation du monde sous couvert d'une « mondialisation mystificatrice ». Dans les pays de la périphérie, le capitalisme mondialisé a mis fin au mode de vie traditionnel qui assurait l'équilibre social, sans pour autant générer de nouvelles formes de sociabilités locales. Plongées dans le désarroi, à la recherche d'un soi-même introuvable, les sociétés de la périphérie se lancent dans de perpétuelles guerres civiles, médiatiquement célébrées sous la belle appellation de « printemps ».



- Amin, S., H. Ben Hammouda et B. Founou-Tchuigoua (1995), *Afrique et Monde Arabe. Échec de l'insertion internationale*, Forum du Tiers-Monde, L'Harmattan.
- Bourdieu, P. (1986), « Habitus, code et codification », *Actes de la recherche en sciences sociales*, septembre, p. 40-44.
- Castoriadis, C. (1975), *L'institution imaginaire de la société*, Paris, Seuil.
- Certeau, M. de (1990), *L'invention du quotidien*, tome 1 : *Arts de faire*, Paris, Gallimard.
- Emery, F. E. et E. L. Trist (1960), « Sociotechnical Systems », dans C. W. Churchman et M. Verhurst (dir.), *Management Science, Models and Techniques*, Londres, Pergamon Press, vol. 2, p. 83-97.
- Hours, B. (1998), *L'idéologie humanitaire ou le spectacle de l'altérité perdue*, L'Harmattan.
- Latouche, Serge (1985), *Faut-il refuser le développement ?*, PUF.
- (2003), « Les mirages de l'occidentalisation du monde », *Le Monde diplomatique*, novembre.
- Rist, G. (1996), *Le développement. Histoire d'une croyance occidentale*, Paris, Presses de Sciences Po.

## Diffusion de la technologie et des innovations

*Pierre Doray, Jorge Niosi et Serge Proulx*

La question de la diffusion des technologies – et, en particulier, celle des innovations – a été très diversement discutée et ce, depuis plusieurs années, dans les différentes disciplines associées aux STS.

Dans un premier temps, des travaux en sociologie rurale et en économie ont associé la diffusion des innovations aux dernières phases d'un modèle linéaire de production des technologies et des innovations. Ce modèle, synthétisé en 1945 par Vannevar Bush, énonce les principales étapes de la production de l'innovation et de sa commercialisation. D'un point de vue théorique, ces premières approches considéraient que la diffusion d'une technologie ne survenait qu'une fois la technologie déjà créée et stabilisée (voir *Économie de l'innovation*). Rogers a décrit cette diffusion comme « le processus par lequel une innovation est communiquée, avec le temps et par certains canaux, parmi les membres d'un système social » (1983, p. 5).

Cette première génération de chercheurs voulait répondre à des questions telles que : comment se diffuse une innovation ? À quel rythme ? Qui adopte le plus rapidement les innovations ? Par quels

canaux les innovations sont-elles principalement diffusées ? Un premier programme de recherche concerne le taux d'adoption d'une innovation. Bien que le rythme de diffusion puisse être plus ou moins rapide, ce taux suit une même forme symbolisée par une courbe en S : l'adoption est lente dans un premier temps, puis s'accélère, pour finalement se stabiliser à un rythme nettement plus lent. Des profils d'acteurs particuliers sont associés à chaque phase de ce processus de diffusion. Nous retrouvons d'abord les « adopteurs précoces » (*early adopters*), puis la « majorité précoce » et la « majorité tardive », et enfin, les « retardataires ». L'adoption d'une innovation dépend de différents paramètres, en particulier les caractéristiques perçues de l'innovation par ceux et celles qui souhaitent l'adopter : avantages relatifs de cette nouveauté, compatibilité avec les technologies existantes, complexité d'usage du dispositif, possibilité de tester l'objet technique, etc. (voir *Taux d'adoption de l'innovation*).

La nature de la diffusion est modulée également par différents facteurs comme : les relations sociales entre les agents concernés ; les normes sociales et culturelles ; le rôle des leaders d'opinion dans une communauté donnée ; le niveau de développement des infrastructures économiques dans cette communauté ; le degré de contrôle social sur le développement des innovations ; et finalement, les caractéristiques sociales des individus (sexe, statut social, niveau de formation atteint, valeurs partagées, etc.). Un autre thème pris en compte par la recherche a été celui du « canal de diffusion ». À cet égard, Rogers distingue le rôle des médias de masse de celui des relations interpersonnelles. Alors que les médias apparaissent surtout efficaces pour informer et sensibiliser les individus à propos de l'existence même des innovations, la mobilisation des réseaux de relations personnelles l'est davantage pour persuader l'« adopteur » du bien-fondé de l'innovation (voir *Médias et technologie*).

D'autres travaux de recherche ont porté sur les variations dans l'appropriation de l'innovation selon les contextes de vie quotidienne des individus et des groupes (styles et niveau de vie ; comportements familiaux dans la vie quotidienne ; empreintes des coutumes et des valeurs liées à une culture donnée, etc.). Des travaux économiques ont mis en évidence la spécificité des pratiques industrielles dans la perception des innovations. Par exemple, des entreprises ont saisi l'occasion

de concevoir les technologies liées aux travaux domestiques comme des technologies de masse à partir de la décennie 1950, ce qui constitua la base du développement des industries de l'électroménager.

L'importante littérature de sciences sociales et économiques sur la diffusion de la technologie reconnaît que celle-ci dépend de l'information rendue disponible aux entreprises qui pourraient éventuellement l'adopter. Plus les entreprises ont accès à de l'information sur les technologies disponibles, plus elles ont de chances de les adopter. Ainsi, les entreprises directement impliquées dans la R-D ont plus de chances de se trouver parmi les premières à adopter de nouvelles technologies (voir *Gestion de la technologie*). Selon l'expression heureuse de Cohen et Levinthal, l'innovation et l'apprentissage constituent les deux visages de la recherche et du développement. Enfin, l'innovation sera diffusée plus rapidement dans les grandes agglomérations urbaines puisque l'information y circule plus rapidement et plus intensément que dans les petites villes ou les campagnes. La représentation classique du processus de diffusion reprend globalement le modèle de la propagation épidémiologique selon lequel une innovation, tel un virus, se diffuse dans le tissu social ou économique au gré des circonstances et des situations. Cette propagation s'avère plus ou moins rapide selon les caractéristiques des acteurs concernés et des organisations impliquées.

Des travaux plus récents ont tendance à rompre avec ces visions classiques qui distinguent fortement le moment de la production des innovations technologiques de celui de leur diffusion et enfin, de leur appropriation. Dans ces nouvelles configurations, le futur « usager » est le plus souvent incorporé – implicitement ou explicitement – dans le processus même de production, l'objectif industriel étant non seulement de faciliter ultimement l'adoption du dispositif innovant mais aussi d'impliquer directement l'utilisateur dans la démarche d'innovation. Ce qui veut dire que l'utilisateur ne fait pas qu'« adopter » une technologie déjà stabilisée avant le moment de sa diffusion : l'appropriation constitue un moment de réorientation de l'usage et d'une possible réinvention de l'objet technique (voir *Objet technique et Usager, figures de l'usager*). Ces phénomènes de participation des utilisateurs au processus même de l'innovation s'avèrent particulièrement présents dans le cas des technologies de l'information et de la communication (TIC) où les utilisateurs disposent de marges de manœuvre plus importantes que, par

exemple, dans le cas des électroménagers. En d'autres mots, la distinction entre le moment de la production et celui de l'usage s'amoin-drit. L'appropriation des innovations par les usagers se fait plus active et créative. Aujourd'hui, la diffusion des logiciels libres est révélatrice de cette fusion partielle entre la production et la diffusion des innovations.



Bush, Vannevar (1945), *Science The Endless Frontier*, United States Government Printing Office, Washington.

Cohen, W. et D. Levinthal (1989), « Innovation and learning: the two faces of R&D », *Economic Journal*, vol. 99, p. 569-596.

— (1990), « Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation », *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, n° 1, p. 128-152.

Feldman, M. et D. Audretsch (1999), « Innovation in cities: science-based diversity, specialisation and localized competition », *European Economic Review*, vol. 43, p. 409-429.

Rogers, Everett M. (1983), *Diffusion of Innovations* (3<sup>e</sup> éd.), New York, The Free Press.

Ryan, B. et N. C. Gross (1943), « The Diffusion of Hybrid Seed Corn in Two Iowa Communities », *Rural Sociology*, vol. 8, p. 15-24.

Von Hippel, E. (2005), *Democratizing Innovation*, Cambridge, MIT Press.

## Discipline

*Julien Landry*

Dans son sens courant, la notion de discipline sert à classer les aires de connaissance qui découpent le monde et son étude. Ainsi conçues, les disciplines forment des corpus de connaissances fondés sur un classement de la nature et une division du travail scientifique. Cette représentation des divisions disciplinaires, qui repose sur des configurations abstraites et par ailleurs incertaines, ignore toutefois souvent la matérialité et l'historicité de ces unités d'organisation des sciences modernes. Elle peint aussi un portrait idyllique qui ignore les hiérarchies, les conflits et les contradictions qui accompagnent la formation de disciplines.

Les auteurs en STS se veulent généralement en rupture avec certains aspects de cette définition usuelle, mais le sens de cette rupture varie selon les points de vue. La place octroyée aux aspects pratiques, cogni-

tifs et organisationnels du concept, notamment, diffère d'un auteur à l'autre. Trop souvent, en fait, la conceptualisation des disciplines demeure confuse. Ainsi, plusieurs thèses sur la « professionnalisation » des disciplines tendent à confondre en une seule entité organisation sociale et systématisation des règles de production du savoir (voir *Professionnalisation de la science*). Par contraste, d'autres parlent de la discipline uniquement comme d'un corpus de connaissances, qui ferait l'objet d'une tension entre sa transmission par l'enseignement et son renouvellement par la recherche: une définition trop abstraite met alors la matérialité de la discipline en sourdine. Un problème similaire naît d'approches constructivistes et d'études de laboratoires qui entendent examiner les multiples sites de la « science en action » comme si celle-ci pouvait être divorcée de sa structure organisationnelle.

Un travail de clarification s'impose pour mieux décrire les interactions entre les activités de connaissance et les formes organisationnelles qui permettent leur reproduction. Des auteurs comme Gingras ou Guntau et Laitko parlent de pratiques scientifiques qui peuvent ou non faire l'objet d'une institutionnalisation. Dans la même veine, Whitley conçoit la discipline comme une innovation institutionnelle pour organiser et reproduire les champs de recherche qui structurent l'appropriation collective de domaines intellectuels. Lenoir, lui, distingue les programmes de recherche, qui organisent les champs d'études autour de problématiques particulières, et les programmes disciplinaires, qui établissent les assises institutionnelles, les canaux de diffusion et les clients (universitaires ou non) nécessaires à l'organisation et à la reproduction d'un champ de recherche.

À bien des égards, la notion de discipline gagne en clarté lorsqu'on la conçoit dans une perspective historique, comme une manière particulière d'organiser la production, la transmission et la diffusion des connaissances savantes qui émerge avec l'institutionnalisation de la recherche dans les universités à partir du 19<sup>e</sup> siècle (voir *Université*). Plutôt qu'un trait « naturel » de la science, la discipline est donc une forme spécifique, qui se caractérise par son assise dans l'autorégulation et l'autoreproduction d'une communauté de pairs à la fois producteurs, diffuseurs et consommateurs de connaissances. On ne peut donc institutionnaliser une discipline qui serait préexistante: on devient une discipline en s'institutionnalisant. Historiquement, la diffusion

du modèle universitaire prussien (qui introduit la recherche dans les universités), la circulation d'équipements spécialisés et l'émergence de revues disciplinaires ont été des éléments centraux de l'organisation sociale des disciplines.

La discipline scientifique ainsi considérée présente de multiples visages. L'un est l'imbrication de la recherche et de l'éducation dans une même structure, qui assure à la fois la reproduction du corps scientifique et le renouvellement du champ de connaissance. La capacité de la discipline à s'autoreproduire par l'enseignement est d'ailleurs un thème-clef dans l'étude sociale de la régulation des sciences. Par l'évaluation, la formation et la sélection, la discipline incorpore le pouvoir de « discipliner », faisant écho aux techniques de contrôle des sociétés modernes décrites par Foucault (voir *Évaluation par les pairs*). Selon les auteurs, la matière inculquée se présente comme un corpus de connaissances ou de valeurs, comme un système d'activité, une culture technique et discursive, ou une définition des enjeux et des exigences imposés par les acteurs dominants de la discipline (voir *Champ et Paradigme*).

Un autre visage est la constitution de revues et d'associations disciplinaires, qui assure un support à la diffusion des connaissances et permet de coordonner une communauté de savants. Le contrôle qu'exerce cette communauté se répercute sur la distribution des espaces de publication, des prix et des subventions de recherche. Les pairs se font juges de la valeur d'une découverte, en la reprenant ou non dans leurs propres travaux. C'est l'originalité d'un discours qui permet de lui conférer le statut d'une réelle contribution. Cette originalité, selon Bourdieu et Whitley, est cependant limitée, voire contrôlée, car elle doit être reconnue comme valide et intéressante par des compétiteurs dans le champ de recherche. À partir du 19<sup>e</sup> siècle, cette forme de compétition se développe dans les champs de recherche disciplinaires.

Le rôle des sciences dans les guerres du 20<sup>e</sup> siècle et l'émergence de politiques scientifiques nationales ont favorisé le développement autonome des disciplines. De l'avis de plusieurs, par contre, de nouvelles tendances seraient présentement à risque de dépouiller les disciplines de leur capacité d'autorégulation. La diminution relative du financement public et l'intérêt croissant pour l'innovation nourrissent une augmentation relative de la recherche orientée vers l'application et des

interactions plus intenses entre l'université et l'industrie (voir *Financement de la science* et *Systèmes d'innovation*).

Les écrits sur ces transformations prophétisent parfois la venue d'un nouveau mode d'organisation des sciences, axé sur une recherche transdisciplinaire inscrite dans des sites hétérogènes et des contextes d'application qui transforment les critères d'évaluation et de contrôle (voir *Interdisciplinarité*). Or, cette analyse est contestée. Les changements dans les habitudes de financement varient selon les nations et n'influencent pas toutes les disciplines de la même façon. De plus, le gros de la production scientifique et de la socialisation à la recherche demeure attaché aux universités et à des standards développés en contexte disciplinaire. Les logiques de production, de diffusion, d'évaluation et de transmission de connaissances instituées avec l'émergence des disciplines sont donc loin d'être révolues, même en contexte interdisciplinaire. La discipline demeure une unité d'analyse pertinente pour mesurer l'étendue des transformations en cours dans le système des sciences.



Bourdieu, Pierre (1975), « La spécificité du champ scientifique et les conditions sociales du progrès de la raison », *Sociologie et sociétés*, vol. 7, n° 1, p. 91.

Fabiani, Jean-Louis (2006), « À quoi sert la notion de discipline », dans Jean Boutier, Jean Claude Passeron, et Jacques Revel (dir.), *Qu'est-ce qu'une discipline?*, Paris, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, p. 1134.

Foucault, Michel (1975), *Surveiller et punir: naissance de la prison*, Paris, Gallimard.

Gibbons, Michael, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott et Martin Trow (1994), *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary societies*, Sage Publications.

Gingras, Yves (1991), « L'institutionnalisation de la recherche en milieu universitaire et ses effets », *Sociologie et sociétés*, vol. 23, n° 1, p. 41.

Godin, Benoit et Yves Gingras (2000), « The place of universities in the system of knowledge production », *Research Policy*, vol. 29, n° 2, p. 273-278.

Goldstein, Doris S. (1983), « The Professionalization of History in Britain in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries », *Storia della Storiografia*, vol. 3, p. 326.

Guntau, Martin et Hubert Laitko (1991), « On the Origin and Nature of Scientific Disciplines », dans William R. Woodward et Robert S. Cohen (dir.), *World Views and Scientific Discipline Formation*, coll. « Boston Studies in the Philosophy of Science 134 », Pays-Bas, Springer, p. 17-28.

Hessels, Laurens K. et Harro van Lente (2008), « Re-thinking new knowledge production: A literature review and a research agenda », *Research Policy*, vol. 37, n° 4, p. 740-760.

Knorr-Cetina, K. (1999), *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*, Cambridge (MA), Harvard University Press.

Leclerc, Michel (1989), « La notion de discipline scientifique », *Politique*, n° 15, p. 23.

Lenoir, Timothy (1997), *Instituting Science: The Cultural Production of Scientific Disciplines*, Stanford University Press.

Whitley, Richard (2000), *The Intellectual and Social Organization of the Sciences*, 2<sup>e</sup> édition, Oxford University Press.

## Économie de l'innovation : innovation, croissance et productivité

*Petr Hanel*

L'innovation est la force dynamique qui change l'économie en fournissant de nouveaux produits et procédés de production. La diffusion d'innovations améliore la productivité, condition nécessaire pour la croissance d'une économie au-delà des limites imposées par la disponibilité de la main-d'œuvre (voir *Économie, science et technologie* et *Impacts économiques*).

L'innovation peut prendre trois formes : l'introduction sur le marché d'un produit ou service nouveau ou amélioré ; l'introduction sur le marché ou dans la production pour le marché d'un procédé de production nouveau ou amélioré (y compris une amélioration de l'organisation de l'entreprise ou des activités de marketing) ; une combinaison des deux. Dans le premier cas, l'innovation augmente la productivité par l'augmentation de la quantité et/ou de la qualité des produits mis sur le marché, sans changement de la quantité et de la qualité des intrants. Dans le second cas, le produit ne change pas mais l'innovation de procédé de production réduit la quantité et/ou la qualité des intrants requis, et donc le coût de production. Le troisième cas est la combinaison des deux cas précédents. La production d'un nouveau produit (ou service) utilise d'habitude un nouveau procédé de production (voir *Gestion de la technologie*).

L'impact positif de l'innovation sur la croissance économique provient du fait que grâce à la diffusion de nouvelles technologies, l'économie devient plus productive (voir *Externalités de la R-D*). La productivité est une mesure de l'efficacité de la transformation des facteurs de

production ou intrants (le travail, le capital et autres intrants) en la production d'un bien ou d'un service. La mesure la plus commune de la productivité est la « productivité au travail », soit le rapport de la valeur ajoutée au nombre d'heures travaillées; elle est déterminée par l'intensité d'utilisation du capital, la composition et la qualité de la main-d'œuvre et par la « productivité globale des facteurs » (productivité multifactorielle). La productivité globale des facteurs est le rapport de la valeur ajoutée au volume des deux facteurs capital et travail. Elle est en grande partie déterminée par la diffusion des innovations dans l'économie (voir *Diffusion de la technologie*).

Dans la mesure où l'innovation fait augmenter la productivité, le pays, la région ou l'entreprise peuvent connaître une croissance économique plus rapide, même sans augmentation de ressources humaines et matérielles engagées dans la production. L'importance de l'innovation en tant que source de croissance de la productivité a été démontrée par Robert Solow en 1957: analysant la croissance de l'output de l'économie américaine de 1909 à 1949, Solow a décomposé les sources de la croissance entre le capital, le travail et le progrès technologique. Le résultat surprenant de son étude était que la croissance de l'emploi et du capital n'expliquaient qu'une petite fraction (12,5 %) de la croissance observée du PIB. Trouvant la majeure partie de la croissance non expliquée par le modèle, Solow en a conclu qu'il s'agissait de la contribution du progrès technologique, c'est-à-dire du résultat cumulatif de la diffusion de nouvelles connaissances et d'innovations. Les résultats de Solow, qui lui ont valu le prix Nobel d'économie en 1987, ont été reproduits dans de nombreux pays, pour des périodes différentes et par des méthodes statistiques plus sophistiquées (voir *Approches d'entrée-sortie*).

Toutefois, le modèle de Solow n'a pas expliqué l'origine de la croissance de la productivité globale des facteurs. Le progrès technologique reste un facteur exogène et, en réponse au modèle de Solow, Paul Romer a proposé en 1986 le « modèle de croissance endogène ». Dans ce modèle, la croissance est le résultat de quatre facteurs-clés, à savoir les rendements d'échelle, le capital humain, l'action publique et l'innovation. L'innovation est alors vue comme une activité à rendement croissant qui augmente le stock de connaissances, le « débordement » de ces connaissances finissant par être bénéfique pour tous. Les firmes étant sur ce point interdépendantes, la « course à l'innovation » de

chaque firme bénéficie à l'ensemble des firmes et tire l'économie vers la croissance.

L'effet positif de l'innovation sur la productivité à l'échelle de l'entreprise a été analysé et démontré par plusieurs auteurs. Le modèle le plus influent aujourd'hui est celui de Crépon et de ses collaborateurs, souvent appelé le modèle CDM. Ce modèle a notamment inspiré la réalisation d'études similaires dans dix-huit pays de l'OCDE, dont le Canada. Le modèle canadien élargi confirme que les entreprises qui enregistrent des ventes liées à l'innovation plus élevées par employé ont une productivité du travail plus élevée, même en tenant compte de la taille de l'entreprise, de l'utilisation du capital humain et physique et de la productivité du travail en début de période. Des études antérieures ont démontré l'effet positif de l'investissement en R-D, le facteur principal de l'activité innovatrice, sur la croissance et la productivité au sein des industries et de plusieurs économies nationales, y compris du Canada.



Baldwin, John, R. et P. Hanel (2003), *Innovation and Knowledge Creation in an Open Economy*, Cambridge University Press, 512 p.

Crépon, B., E. Duguet et J. Mairesse (1998), « Research, Innovation, and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 7, p. 115-158.

Hall, B. H., J. Mairesse et P. Mohnen (2010), *Measuring the returns to R&D*, Washington, NBER Working Paper n° 15622, [www.nber.org/papers/w15622](http://www.nber.org/papers/w15622).

Kaci, M. (2006), *Comprendre la productivité: un précis*, Statistique Canada, Division de l'analyse microéconomique, cat.15-206-XIF.

OCDE (2009), *Innovation in Firms – A Microeconomic Perspective*, Paris, OCDE.

Romer, P. (1990), « Endogenous Technological Change », *Journal of Political Economy*, vol. 95, p. 71-102.

Solow, R. (1957), « Technical Change and the Aggregate Production Function », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39, n° 3, p. 312-320.

Therrien, P. et P. Hanel (2011), « Innovation and Productivity: Summary Results for Canadian manufacturing establishments », *International Productivity Monitor*, vol. 22, p. 11-28.

## Économie évolutionniste

Jorge Niosi

L'économie évolutionniste et institutionnaliste est une école hétérodoxe de la science économique. Ses origines remontent à la fin du 19<sup>e</sup> siècle avec les travaux de l'économiste américain Thorstein Veblen (1857-1929), critique de l'économie du marché et des théories néoclassiques. Parmi ses principaux travaux on trouve l'article « Why Economics Is Not an Evolutionary Science ? » (1898), et l'ouvrage *The Theory of the Leisure Class: an Economic Study of Institutions*, publié en 1899. Un autre précurseur est John R. Commons (1862-1945), professeur à l'Université de Wisconsin-Madison et auteur de nombreux ouvrages dont *Institutional Economics* (1934). À l'approche de la Deuxième Guerre mondiale, cette école est représentée par Joseph Schumpeter, un économiste autrichien émigré aux États-Unis et devenu professeur à l'Université Harvard.

Ces économistes évolutionnistes et institutionnalistes s'opposaient à la pensée néoclassique et marginaliste qui prenait de plus en plus d'ascendance sur la discipline, mais ils n'ont jamais réussi à renverser la tendance. Ils constituaient un courant certes minoritaire, mais écouté de la science économique.

Le véritable démarrage du courant évolutionniste moderne a été la publication du livre de Richard R. Nelson et Sydney Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change* (1982). Cet ouvrage condense de nombreuses idées hétérodoxes de la science économique et leur donne une unité remarquable (voir *Modèles scientifiques*). Il pose divers principes de base. L'un est la « rationalité limitée » des agents économiques, dont on ne peut considérer qu'ils manifestent une rationalité parfaite, comme le présument les néoclassiques, et dont la rationalité est plutôt limitée par des connaissances imparfaites et des capacités de calcul restreintes. Un principe corollaire est celui d'« apprentissage », déduit du fait que les agents sont contraints d'apprendre par divers moyens dont la pratique, la recherche et la consultation. Le concept d'apprentissage, crucial à la théorie évolutionniste, s'accompagne de celui de « variation », qui indique que des agents présentant un stock variable et imparfait de connaissances mettront en place des stratégies très différentes les unes des autres. Les entreprises, par exemple,

appliquent diverses stratégies de financement, de commercialisation ou de recherche et de développement. Ces stratégies, un peu comme les mutations biologiques, comportent une part de hasard car les agents ne disposent jamais d'une information complète. De façon complémentaire, le principe de « sélection » veut que, les agents économiques mettant en jeu diverses stratégies et technologies, les marchés (privés et publics) font un choix parmi ces stratégies, eux aussi avec une connaissance limitée. Contrairement aux économistes néoclassiques, les évolutionnistes estiment ainsi que, puisqu'aucun agent ne dispose d'une information complète et parfaite, il n'est pas possible d'en arriver à une situation d'« optimum », c'est-à-dire à une situation d'équilibre stable et durable comme l'équilibre de Nash ou de Pareto. Au contraire, les systèmes économiques des évolutionnistes peuvent être tant en équilibre (y compris un équilibre entre chômage et sous-emploi) que dans un déséquilibre permanent, ou, encore, peuvent faire coexister plusieurs systèmes différents sur le plan de l'équilibre. Enfin, les évolutionnistes notent que pour contrer la rationalité limitée et l'incertitude inhérentes à l'économie, les entreprises et autres organisations instituent des routines, c'est-à-dire des modes de comportement récurrents (visant la production, le recrutement, la promotion, les ventes ou la R-D) qui sont à l'origine des capacités, mais aussi des rigidités, des organisations (voir *Alliances technologiques* et *Diffusion de l'innovation*).

L'approche évolutionniste est modélisable en utilisant la dynamique des systèmes, comme l'a montré Sterman, mais aussi la théorie des jeux et les chaînes de Markov, comme l'ont montré respectivement Axelrod ou Nelson et Winter. Cette approche a bien des qualités, mais aussi des lacunes. La plus importante est la macro-économie. Au moment où les thèses keynésiennes reviennent hanter l'économie néoclassique à la suite des crises de 2000 et de 2008, les évolutionnistes ont peu de choses à dire sur la situation macro-économique actuelle. Ils auraient intérêt à se rapprocher des idées de néokeynésiens comme Joseph Stiglitz et de postkeynésiens comme Hyman P. Minsky. Cependant, leur approche, même incomplète, représente l'une des voies les plus prometteuses pour sortir la science économique de son actuel manque d'intérêt. Certains auteurs, comme Whalen, explorent cette voie en soulignant les convergences entre les perspectives institutionnalistes et keynésiennes.



- Axelrod, R. (1984), *The Evolution of Cooperation*, New York, Basic Books.
- (1997), *The Complexity of Cooperation*, Princeton University Press.
- Commons, J. R. (1934), *Institutional Economics*, New York, Macmillan.
- Minsky, H. P. (1986), *Stabilizing an Unstable Economy*, New Haven, Yale University Press.
- Nelson, R. R. et S. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Boston, Belknap Press.
- Sterman, J. (2000), *Business Dynamics, Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Chicago, Irwin.
- Stiglitz, J. (2011), «The failure of macro-economics in America», *China and the World Economy*, vol. 19, n° 5, p. 17-30.
- Veblen, T. (1898), «Why economics is not an evolutionary science?», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 12, n° 3, p. 273-297.
- (1915 [1899]), *The Theory of the Leisure Class: An Economic Study of Institutions*, Londres, Macmillan.
- Whalen, C. J. (2008), «J. R. Commons and J. M. Keynes on economic history and policy: the 1920s and today», *Journal of Economic Issues*, vol. XLII, n° 1, p. 25-42.

## Économie, science et technologie

*Franck Jovanovic et Christophe Schinckus*

Le traitement de la technologie et de la science par les sciences économiques est devenu l'élément le plus important des modèles de croissance et de la spécialisation des pays dans le commerce international. Cette problématique amène à s'interroger sur les conditions « techniques » d'obtention d'une croissance. Dans cette perspective, la science et la technologie sont aujourd'hui des éléments-clés pour expliquer et stimuler les performances économiques et le bien-être social.

Ce sont les modèles de croissance endogène, développés au cours des années 1980, qui ont cherché à expliquer l'origine de ce progrès technique (voir *Économie de l'innovation et Alliances technologiques*). Ces modèles, principalement développés par Paul Romer, Robert E. Lucas, et Robert Barro, ont abandonné l'hypothèse d'un progrès technologique exogène et reconnaissent que le changement technologique constitue un produit de l'activité économique et figure parmi les sources fondamentales de la croissance. Le progrès technologique dépend alors du comportement, des initiatives et du développement des compétences

des agents économiques (voir *Gestion de la technologie et Diffusion de la technologie*). Ces modèles supposent que la production globale d'une économie ne repose pas uniquement sur la somme des facteurs de production, mais aussi sur l'ensemble des résultats issus des travaux de recherche et de développement privés et publics (voir *Université et Financement de la science et technologie*). L'accumulation de connaissances et de capital humain favorise l'innovation et se manifeste sous la forme de nouveaux biens et services qui contribuent à améliorer la productivité ou le bien-être des agents. De plus, les agents accèdent aux « retombées » des découvertes scientifiques et technologiques, générant ainsi des externalités positives qui assurent la croissance économique des pays à long terme (voir *Externalités de la R-D*).

Autre conclusion de ces modèles, l'effet de rattrapage et l'utilisation que l'on peut en faire pour expliquer la spécialisation des pays dans le commerce international. Ces modèles permettent d'expliquer et de prévoir la spécialisation des pays à partir de la technologie et de la science (voir *Modèles scientifiques*). Pour maintenir une croissance économique, les pays développés doivent augmenter sans cesse leurs investissements dans la technologie et la science. En revanche, un pays moins développé peut assurer une croissance économique forte sans pourtant faire d'investissements technologiques ou de recherche et développement : des investissements en capital physique suffisent. De plus, les pays moins développés profitent des retombées des investissements scientifiques et technologiques faits par les pays plus développés. Ainsi, les modèles économiques ont-ils contribué à la spécialisation du commerce international que l'on connaît aujourd'hui, poussant les pays développés à une course vers l'innovation et le capital humain (voir *Clivage technologique*).

Cette course aux connaissances scientifiques et à la technologie que l'on observe pousse les pays les plus développés à se spécialiser dans la « production d'idées », laissant les pays moins avancés produire les biens physiques résultant de ces idées. La course aux brevets que se livrent les entreprises et les institutions en sont une illustration (voir *Brevets et propriété intellectuelle*). Par ailleurs, en étant endogène, le progrès technologique est enraciné dans chaque pays ou région, les incitant à instaurer un climat socioéconomique favorable à cette nouvelle spécialisation (voir *Systèmes d'innovation*). Enfin, ces modèles permettent

de déterminer des chemins de développement vertueux, comme ceux empruntés par les pays nouvellement industrialisés qui adaptent leurs investissements technologiques au type de production visée selon leur niveau de développement (passant d'une production exigeant beaucoup de main d'œuvre, à une production nécessitant de la main d'œuvre et du capital physique, à une production nécessitant beaucoup de capital physique).



- Arrow, K. J. (1962), « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention », dans *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, NBER, p. 609-626.
- Lucas, R. (1988), « On the Mechanics of Economic Development », *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, n° 1, p. 3-42.
- Nelson, R. R. (1997), « How New Is New Growth Theory? », *Challenge*, vol. 40, n° 5, p. 29-58.
- Romer, P. M. (1986), « Increasing Returns and Long-Run Growth », *Journal of Political Economy*, vol. 94, n° 5, p. 1002-1037.
- Rosenberg, N. (1994), *Exploring the Black Box: Technology, Economics and History*, Cambridge University Press.
- Schumpeter, J. A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Londres, Routledge.
- Solow, R. M. (1956), « A Contribution to the Theory of Economic Growth », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, n° 1, p. 65-94.
- Swan, T. W. (1956), « Economic growth and Capital Accumulation », *Economic Record*, vol. 32, n° 2, p. 334-361.
- Tobin, J. (1955), « A Dynamic Aggregative Model », *Journal of Political Economy*, vol. 63, p. 103-115.
- Warsh, D. (2006), *Knowledge and the Wealth of Nations: A Story of Economic Discovery*, New York, W. W. Norton & Company.

## Épistémologie

*Alexandre Guay et Frédéric Bouchard*

Il faut toujours être prudent dans la traduction littérale d'un terme d'une langue à une autre, en particulier lorsque l'ancrage disciplinaire de ce terme diffère d'une communauté de recherche nationale à une autre. Un exemple de polysémie, important pour les STS, est la différence entre le terme « épistémologie » en français et le terme « *epistemology* » en anglais, du moins pour les communautés de philosophie des

sciences francophones et anglophones. Tout énoncé descriptif du genre est vulnérable à des contre-exemples et risque toujours de tomber dans une anthropologie naïve et malavisée, mais nous essaierons brièvement ici d'expliquer en quoi les usages de ces termes diffèrent de manière générale.

Dans la philosophie de langue française, l'épistémologie est, selon la définition de Godin, la « [d]iscipline philosophique traitant des conditions, de la nature, de la méthode et des résultats de la connaissance scientifique ». Lorsqu'on veut désigner l'étude philosophique de la connaissance commune ou de la connaissance en général, on dit plutôt philosophie ou théorie de la connaissance ou encore, plus rarement, gnoséologie. En anglais, le terme « *epistemology* » réfère exclusivement à la philosophie ou à la théorie de la connaissance alors que l'étude des sciences est plutôt nommée « *philosophy of science* ». Cette différence de terminologie n'est pas anodine, car elle dépend implicitement de l'interprétation dominante que l'on donne au terme *epistémê*, la racine grecque d'épistémologie. En France, ce terme renvoie plutôt à la science, tandis que dans le monde anglophone, on l'interprète généralement comme renvoyant au savoir ou à la connaissance. L'interprétation française suggère que la connaissance scientifique pourrait être de nature différente que celle associée à la vie ordinaire, qui elle référerait à *gnôsis* en grec. Une telle rupture fut d'ailleurs défendue, bien avant Thomas Kuhn, par, entres autres, Gaston Bachelard. Les anglophones, en ne distinguant pas systématiquement la science de la connaissance en général, suggèrent une continuité entre connaissance ordinaire et connaissance scientifique (voir *Science*).

Un constat de cette démarcation dans l'usage peut être trouvé dans les manuels d'introduction, les cours et les descriptions de postes. Ainsi, un manuel d'*Introduction to epistemology* traitera, par exemple, des conditions de justification des énoncés exprimant des croyances (thème traditionnel de la théorie de la connaissance), mais ne traitera pas du critère de scientificité de Popper (thème traditionnel de la philosophie des sciences). Un manuel d'« introduction à l'épistémologie », au contraire, ne traitera pas du premier sujet en dehors de la démarche scientifique mais traitera sûrement du second. Ceci se reflète aussi dans le cursus où, en français, on parlera, par exemple, d'un séminaire sur l'épistémologie des sciences de la vie (suggérant que l'étude des sciences

biologiques est un objet de l'épistémologie), alors qu'on ne trouverait pas en anglais un cours d'*epistemology of the life sciences*: on parlerait plutôt de *philosophy of the life sciences* ou de *philosophy of biology*. Finalement, dans le recrutement professoral américain, *epistemology* et *philosophy of science* sont deux domaines d'expertise complètement distincts alors que, lors du recrutement des maîtres de conférences en France, ils paraissent sous le même intitulé (C.N.U. Section 72, épistémologie, histoire des sciences et des techniques). Les postes en théorie de la connaissance, quant à eux, sont affichés dans une autre section disciplinaire (C.N.U. Section 17, philosophie).

On peut relever une autre différence connexe. En anglais, on parle de *philosophy of science*, suggérant que la science constitue un phénomène unifié (notons le singulier de « science ») alors qu'en français, la dimension plurielle des sciences est préférée dans l'expression « philosophie des sciences ». Sans tomber dans une sémiologie hasardeuse, on pourrait suggérer qu'en français, l'épistémologie des sciences (expression redondante en français), de par sa préférence méthodologique pour les explications ancrées dans l'histoire de la pratique scientifique, a été plus marquée par l'hétérogénéité des pratiques scientifiques. Inversement, la *philosophy of science*, en vertu de son héritage provenant de l'empirisme logique, a tenu à souligner l'uniformité, réelle ou perçue, des pratiques scientifiques (voir *Philosophie des sciences*).

Notons finalement que l'anglicisation croissante des publications semble encourager progressivement un glissement du sens anglais du terme *epistemology* en français. Il est ainsi de plus en plus fréquent que les deux termes soient utilisés de manière interchangeable.



Bachelard, Gaston (1934), *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, F. Alcan.

Bitbol, Michel et Jean Gayon (dir.) (2006), *L'épistémologie française (1830-1970)*, Paris, PUF.

Chalmers, Alan (1987), *Qu'est-ce que la Science ? – Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend*, Paris, La Découverte.

Godin, Christian (2004), « Épistémologie », *Dictionnaire de philosophie*, Paris, Fayard.

Nadeau, Robert (1999), *Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie*, Paris, PUF.

## État, pouvoir et science

*Stéphane Castonguay*

Source de prestige pour les princes de la Renaissance, la science est devenue avec le développement des États-nations source de pouvoirs multiples, touchant à la fois les sphères militaires, économiques et sociales. Si les historiens se plaisent à retracer dans les machines de guerre d'Archimède pour le roi Hiéron une première alliance entre science et pouvoir, tandis que les philosophes récitent les aphorismes de Francis Bacon et René Descartes qui ont, chacun à leur façon, envisagé le pouvoir de la connaissance comme outil de contrôle et de domination de la nature, les rapprochements systématiques entre science et pouvoir sont beaucoup plus récents et ont été conditionnés par les développements historiques mêmes de ces deux entités et de leurs institutions.

La mise en place des académies a certes permis au Prince, par-delà la notoriété du patronage, d'acquérir des connaissances pratiques pour la balistique et les fortifications et de se doter d'une expertise pour attaquer des problèmes tantôt techniques, tantôt sociaux, de son royaume. Cette alliance trouve une autre manifestation dans la participation des naturalistes et autres savants aux expéditions et aux conquêtes européennes. En même temps que les puissances impériales augmentent leur pouvoir par leur maîtrise des mers et des mondes, ainsi que par les découvertes minérales et botaniques de leurs savants, ces derniers occupent occasionnellement une place privilégiée au sein des chaînes de commandement. Une rupture apparaît toutefois au cours du 18<sup>e</sup> siècle, quand l'alliance entre le pouvoir et la science devient irréversible, dans ses institutions comme dans ses applications. Le cas de la France napoléonienne l'illustre parfaitement, alors que l'effort scientifique est mobilisé pour contrer la menace extérieure, pour développer des armements, bien sûr, mais aussi pour alimenter la population et les troupes ainsi que pour servir le commerce et l'industrie. Parallèlement, la création et la multiplication des institutions pour la production des connaissances et la formation des savants mènent à la professionnalisation des scientifiques qui, en dehors de leurs établissements traditionnels, parviennent également à occuper des postes-clés dans l'administration militaire et politique.

L'avènement du laboratoire industriel fait ensuite du savoir un puissant outil de domination économique, puis militaire, comme en témoigne le succès de l'industrie chimique allemande à la fin du 19<sup>e</sup> siècle. Succès que les États-Unis ont tôt fait d'imiter, une fois mises en place les grandes universités de recherche et les grandes corporations qui se dotent parallèlement de marchés en constante expansion, de départements de recherche et de développement. Les liens se solidifient ensuite entre ces universités de recherche et les agences technoscientifiques qu'établissent les gouvernements à la charnière du 19<sup>e</sup> et du 20<sup>e</sup> siècle (voir *Université et Invention et innovation*).

La mobilisation de la science, qui sert la guerre commerciale que se livrent les puissances occidentales et les entreprises transnationales à cette époque, est transposée de nouveau sur le terrain militaire après le déclenchement de la Première Guerre mondiale. Des pays comme la Grande-Bretagne, les États-Unis, l'Australie et le Canada mettent en place des conseils nationaux de la recherche pour intégrer l'entreprise scientifique à l'effort de guerre totale. Devant les succès obtenus par les chimistes durant la Grande Guerre, ces pays sont suivis par les autres nations industrielles durant l'entre-deux-guerres et fondent en partie l'effort de remilitarisation sur la recherche scientifique. D'ailleurs, durant la Seconde Guerre mondiale, ce sont les sciences physiques qui deviennent le moteur de l'innovation et de la stratégie militaires (voir *Guerre, science et technologie*). Pendant les Trente Glorieuses, en même temps que l'État se fait de plus en plus interventionniste, la science connaît elle aussi une période faste dans les universités, les instituts privés de recherche et les laboratoires gouvernementaux et industriels. De grands programmes de recherche, pour conquérir l'espace ou vaincre le cancer, jouxtent la mobilisation technoscientifique en contexte de Guerre froide, pour situer la science au cœur d'une administration publique et militaire en pleine expansion (voir *Politique des sciences et des technologies et Territoires et sciences*).

Articulée avec force aux États-Unis sous l'égide du conseiller scientifique Vannevar Bush dans *Science: The Endless Frontier* (1945), et institutionnalisée dans la National Science Foundation, la politique de la recherche et la mise en forme du modèle linéaire – qui fait de la recherche fondamentale la condition essentielle du développement technologique – témoignent de la prépondérance de la science comme

source de pouvoir militaire et économique dans la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle. Elle devient aussi un outil de pouvoir social avec la montée en puissance de l'État-providence et l'élargissement des grandes corporations. Les spécialistes des sciences sociales sont alors appelés à générer des connaissances pour trouver des solutions aux enjeux sociétaux et managériaux auxquels font face les gouvernements et les entreprises privées. Soulignons toutefois que, comme dans le cas des sciences naturelles, ces développements trouvent leurs origines dans la fin du 18<sup>e</sup> siècle et l'apparition du libéralisme comme mode de gouvernement des sociétés. Les connaissances sur la population – notamment la statistique sociale – donnent lieu à la constitution d'espaces de liberté encadrant les comportements individuels dans une perspective de gestion rationnelle du social (voir *Système statistique national et Sciences sociales*). Sans émaner précisément d'un corps organisé comme l'administration publique, le pouvoir relationnel mis en forme par cette biopolitique trouve sa puissance dans les catégories savantes et les sujets humains que produisent les sciences dans les domaines sociaux et vitaux.

Si l'avènement du néolibéralisme et la fin de la Guerre froide entraînent une démobilisation de l'entreprise scientifique publique au cours des années 1980, de nouveaux sites de pouvoir fondés sur la science prolifèrent dans les institutions internationales, gouvernementales ou non. Déjà, les corporations multinationales et certaines institutions multilatérales à la fin du 19<sup>e</sup> siècle ont recours à la connaissance scientifique pour asseoir leur autorité, centraliser l'information, et élaborer des règlements ou des conventions internationales. La globalisation des échanges économiques et la mondialisation des enjeux environnementaux encouragent la mise en forme de forums internationaux et d'organismes multilatéraux qui recourent à la science pour cerner les problèmes et trouver des pistes de solution. En définissant concurrentiellement les conduites des États, des entreprises et des populations, ces institutions et leurs scientifiques reprennent à une nouvelle échelle un travail de mise en ordre orchestré par les « savants de l'Empire » dès le 16<sup>e</sup> siècle (voir *Scientisme et politique*).



- Anderson, Warwick (2006), *Colonial Pathologies, American Tropical Medicine, Race, and Hygiene in the Philippines*, Durham, Duke University Press.
- Bret, Patrice (2002), *L'État, l'armée, la science. L'invention de la recherche publique en France (1763-1830)*, Presses universitaires de Rennes, coll. « Carnot ».
- Desrosières, Alain (2000), *La politique des grands nombres*, Paris, La Découverte.
- Foucault, Michel (2004), *Sécurité, territoire, population. Cours au Collège de France*, Paris, Gallimard/Seuil, coll. « Hautes Études ».
- Gillespie, C. C. (1980), *Science and Polity in France at the end of the Old Regime*, Princeton University Press.
- Mukerji, Chandra (1989), *Fragile Power: Scientists and the State*, Princeton University Press.
- Pestre, Dominique (2003), *Science, argent et politique*, Paris, INRA Éditions.
- Salomon, Jean-Jacques (1970), *Science et politique*, Paris, Seuil.
- Scott, James C. (1998), *Seeing like a State. How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, New Haven, Yale University Press.
- Toulmin, Stephen (1990), *Cosmopolis, the Hidden Agenda of Modernity*, University of Chicago Press.

## Éthique et déontologie

*Bryn Williams-Jones et Marie-Josée Potvin*

La déontologie et l'éthique sont habituellement considérées comme étant en opposition. La première, de nature légale, se présente sous la forme de règlements et de directives régissant, par exemple, les comportements des membres d'une profession. La deuxième, plus réflexive, invite à un effort d'analyse prenant en compte les particularités de chacune des situations (contexte, partenaires, ressources) afin de déterminer les meilleures manières d'agir (incluant la non-action).

La déontologie impose donc le respect par l'agent de règles et de normes adoptées par un groupe partageant des intérêts communs et colligées sous forme de codes d'éthique comme c'est le cas chez les professionnels de la santé, les ingénieurs, les professionnels en technologie de l'information, les directeurs administratifs et même les robots! Ces codes mettent en lumière les valeurs et les principes que partagent les membres d'une profession ou d'un groupe d'intérêt, déterminent les frontières éthiques (responsabilités, prohibitions) de la pratique. Ils sont donc des incontournables pour soutenir la réflexion sur ce qui *doit*

*ou devrait être fait à l'égard de situations particulières (voir Normes et standards).*

Des situations d'extrême complexité impliquant une multitude de partenaires aux intérêts variés et souvent conflictuels (par exemple, acteurs de l'industrie pharmaceutique, gouvernements, chercheurs-cliniciens, participants de la recherche, consommateurs), y compris dans la recherche et le développement de sciences et de technologies (par exemple, stimulation cérébrale, nano-pharmacologie, génétique), peuvent présenter un risque significatif d'abus et de préjudices pour les individus et la société. Or, les repères déontologiques de ces différents acteurs varient d'une profession ou d'un groupe à l'autre (certains, comme les chercheurs et les techniciens médicaux, n'étant d'ailleurs pas régis par des codes d'éthique formels). Cette situation complexifie les processus décisionnels et peut éventuellement générer des conflits éthiques interprofessionnels. Il existe néanmoins des dénominateurs communs à l'ensemble de ces codes, comme le respect de la dignité humaine et l'obligation d'agir en regard du bien commun ou de l'intérêt public.

L'éthique, impératif réflexif et analytique, implique à la fois une analyse externe (comment les personnes agissent-elles ? Pourquoi une situation est-elle problématique ?) et une réflexivité interne (comment mieux faire ?) pour prendre en compte la singularité des situations. L'analyse éthique des innovations, des pratiques et des politiques scientifiques et technologiques suppose donc une réflexion critique qui s'amorce dans une description de la situation (quoi ?) et qui évolue ensuite vers le développement d'arguments prescriptifs en faveur de ce qui *doit être* et du *comment bien faire* dans des situations spécifiques. Cette dimension prescriptive ou normative s'enracine dans une argumentation rationnelle inspirée par des théories, principes ou valeurs, partagés ou non : l'éthique est inévitablement un lieu de dialogue et de débat (voir *Controverse et Scientisme et politique*).

L'éthique des sciences et technologies s'intéresse à des questions particulières soulevées par l'innovation elle-même, par sa nature et par le contexte dans laquelle elle s'inscrit. Ces objets de réflexion peuvent inclure : des risques pour les utilisateurs et la société ; la gestion de l'incertitude scientifique ; l'analyse à l'égard des coûts (sociaux, économiques) pour les utilisateurs et la société ; la distribution (inéquitable)

des bénéfices du développement technologique. L'éthique suppose aussi une réflexion sur le réseau des acteurs impliqués et, plus spécifiquement, une analyse des valeurs, des intérêts, des obligations et des responsabilités que ces acteurs contestent ou tentent d'imposer à travers l'innovation. Il est donc nécessaire de cerner et d'analyser, en tenant compte de la spécificité des contextes, les questions et défis propres au processus d'innovation (voir *Gestion de la technologie*).

Malgré le fait que la déontologie et l'éthique sont généralement considérées comme étant en opposition l'une par rapport à l'autre, certains auteurs contemporains, comme Paul Ricoeur, proposent des théories éthiques qui intègrent les deux approches et offrent des repères utiles à l'analyse de *ce qui est* et à la réflexion sur *ce qui devrait être* au sein de contextes particulièrement complexes comme ceux que l'on retrouve en sciences et technologies. À la lumière de cette approche intégrative et dans le contexte de la recherche et de l'innovation, la déontologie est incontournable pour régir les comportements et réduire les préjudices potentiels pour les patients/participants à la recherche, et pour la société. L'éthique, pour sa part, offre des outils réflexifs qui permettent de considérer la particularité des situations afin de proposer des solutions qui respecteront à la fois les demandes imposées par la déontologie et les impératifs au respect de la dignité humaine (voir *Fraude et Risques technologiques*).

Finalement, l'éthique et la déontologie sont toutes deux au service d'une meilleure compréhension et gestion de la complexité des situations propres au contexte de l'innovation, et s'inscrivent dans une perspective de réflexion globale pour participer au développement des politiques, des processus et des structures tout en créant un espace plus éthique (transparent, équitable, démocratique et sécuritaire) dans le secteur des ST.



Canada's Association of Information Technology Professionals, *Code of Ethics*, [www.cips.ca/ethics](http://www.cips.ca/ethics).

Davis, M. (1991), « Thinking like an engineer : The place of a code of ethics in the practice of a profession » *Philosophy and Public Affairs*, vol. 20, n° 2, p. 150-167.

Davis, M. et A. Stark (dir.) (2001), *Conflict of Interest in the Professions*, New York (NY), Oxford University Press.

- Potvin, M.-J. (2010), « Ricoeur's "Petite éthique" : An Ethical Epistemological Perspective for Clinician-Bioethicists », *HEC Forum*, vol. 22, n° 4, p. 311-326.
- Ricoeur, P. (1990), *Soi-même comme un autre*, Paris, Éditions du Seuil, coll. « Points ».
- Smith, E., C. Martin, J. Behrmann et B. Williams-Jones (2010), « Reproductive Tourism in Argentina: Accreditation and its Implications for Consumers and Policy Makers », *Developing World Bioethics*, vol. 10, n° 2, p. 59-69.
- Williams-Jones B. et J. E. Graham (2003), « Actor-network theory: A tool to support ethical analysis of commercial genetic testing », *New Genetics & Society*, vol. 22, n° 3, p. 271-296.

## Études de cas en STS

*Guillaume Latzko-Toth*

L'étude de cas est une stratégie de recherche fréquemment employée en STS, en particulier dans les approches fondées sur l'analyse des controverses scientifiques et technologiques, telles que la théorie de l'acteur-réseau et la construction sociale des technologies. Steve Woolgar y voit le souci des STS d'appuyer la théorie sur « de minutieuses recherches empiriques » (voir *Théorie de l'acteur-réseau* et *Construction sociale des technologies*).

L'histoire du développement du champ des STS est ainsi jalonnée d'études de cas célèbres, qui sont devenues paradigmatiques pour exposer certaines théories et en expliquer les concepts-clés (voir *Paradigme*). Par exemple, l'étude de la culture de la coquille Saint-Jacques, par Callon, est devenue incontournable dans l'enseignement des principes de la théorie de l'acteur-réseau. L'étude de l'évolution du design de la bicyclette, par Pinch et Bijker, constitue l'archétype de la théorie de la construction sociale des technologies. Dans ces deux exemples, ce statut de cas-paradigme n'a pas été attribué rétrospectivement mais bien par les auteurs eux-mêmes, comme l'indiquent les titres de leurs articles. Ils devaient ainsi établir une tradition intellectuelle largement suivie par la suite, consistant à articuler la production de nouveaux concepts et l'énonciation de principes généraux à l'analyse fine d'une controverse technoscientifique, souvent liée à la genèse (réussie ou non) d'un artefact ou d'un dispositif.

On retrouve deux visions distinctes de l'étude de cas dans la littérature scientifique. Celle de Hammersley et Gomm, qui l'associent

étroitement à l'ethnographie et à la recherche qualitative en général, et celle de Yin, qui insiste au contraire pour la démarquer des méthodes purement qualitatives et inductives. C'est surtout la première approche que l'on retrouve en STS, plusieurs traditions de recherche (dont celles mentionnées plus haut) accordant une place importante à l'ethnographie dans leur démarche d'enquête. Cela se traduit notamment par le souci d'une « description dense » du terrain – dans le menu détail et l'épaisseur de ses différentes couches – telle que prônée par l'anthropologue Clifford Geertz.

Par-delà leurs divergences, ces spécialistes s'accordent à voir dans l'étude de cas bien plus qu'une méthode de collecte de données. Pour Yin, il s'agirait plutôt d'une stratégie de recherche globale recouvrant « une logique de conception de la recherche, des techniques de collecte de données et des approches spécifiques en regard de l'analyse des données » (2009, p. 18). Hammersley et Gomm notent que certains auteurs considèrent même l'étude de cas comme un paradigme de recherche à part entière. Quoi qu'il en soit, l'appellation « étude de cas » recouvre un arc-en-ciel de variantes, selon le niveau de détail de l'étude, l'ampleur et le nombre de cas (aspect comparatif), le degré de prise en compte du contexte sociohistorique, ainsi que la posture du chercheur dans un continuum qui va de la description/explication à la prescription/évaluation et jusqu'à l'intervention.

Si l'on se réfère à Yin, une étude de cas est une recherche empirique qui traite d'un phénomène contemporain en le rapportant à son contexte. Cependant, Michel Wieviorka estime qu'une étude de cas à caractère historique peut être utile au sociologue pour isoler un phénomène, ou encore pour élaborer de nouveaux concepts et outils théoriques (voir *Sociologie des sciences*). Et c'est son inscription dans un double contexte théorique et historique qui définirait et constituerait la singularité d'un cas.

Nous retrouvons ces divergences chez les chercheurs en STS. Ainsi, certains sont, de par leur formation, des historiens des sciences et des techniques (comme Thomas Hughes) et ont recours à des méthodes historiques. En revanche, la théorie de l'acteur-réseau, défendue par Latour et Woolgar, préconise l'étude de la science « en train de se faire » et l'étude des objets techniques « à l'état naissant » (voire à l'état de projet), par opposition aux études rétrospectives. Elle privilégie donc les

méthodes ethnographiques. Quant à l'approche SCOT, qui affectionne l'étude d'artefacts déjà stabilisés, elle recourt largement à l'analyse de documents d'archives. Enfin, signalons que l'accès que permet le Web à des traces de conversations électroniques ouvre la voie à une ethnographie « asynchrone » et tend ainsi à brouiller la ligne de démarcation entre études de cas contemporaines et historiques.



- Bowden, G. (1995), « Coming of Age in STS: Some Methodological Musings », dans S. Jasanoff, G. E. Markle, J. C. Petersen et T. Pinch (dir.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousand Oaks (CA), Sage Publications, p 64-79.
- Callon, M. (1986), « Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », *L'Année sociologique*, vol. 36, p. 170-208.
- Hammersley, M. et R. Gomm (2000), « Introduction », dans R. Gomm, M. Hammersley et P. Foster (dir.), *Case Study Method. Key Issues, Key Texts*, Londres, Sage Publications, p. 1-16.
- Hess, D. (2002), « Ethnography and the Development of Science and Technology Studies », dans P. A. Atkinson, A. J. Coffey, S. Delamont, J. Lofland et L. H. Lofland (dir.), *Handbook of Ethnography*, Londres, Sage Publications, p. 234-245.
- Latour, B. et S. Woolgar (1988 [1979]), *La Vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, Paris, La Découverte.
- Pinch, T. et W. E. Bijker (1987), « The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other », dans W. E. Bijker, T. P. Hughes et T. Pinch (dir.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA), MIT Press, p. 17-50.
- Wieviorka, M. (1992), « Case studies: history or sociology? », dans C. C. Ragin et H. S. Becker (dir.), *What Is a Case? Exploring the Foundations of Social Inquiry*, New York, Cambridge University Press, p. 159-172.
- Woolgar, S. (1997), « Science and Technology Studies and the Renewal of Social Theory », dans S. P. Turner (dir.), *Social Theory and Sociology. The Classics and Beyond*, Cambridge (MA), Blackwell, p. 235-255.
- Yin, R. K. (2009), *Case Study Research: Design and Methods*, 4<sup>e</sup> édition, Thousand Oaks (CA), Sage Publications.

## Évaluation par les pairs

Marcel Fournier

L'évaluation par les pairs, c'est-à-dire le recours systématique au jugement critique de scientifiques pour évaluer le travail d'autres scientifiques, s'est progressivement imposée comme mode de régulation des instances savantes (voir *Sociologie des sciences*). Les premières formes institutionnelles d'évaluation par des pairs ont vu le jour en 1665, dans un cadre éditorial, lors de la création des deux premiers journaux scientifiques, le *Journal des Sçavans* (sis à Paris) et les *Philosophical Transactions* de la Royal Society. Il s'agissait alors de favoriser la communication scientifique tout en mettant en place des mesures de contrôle de la qualité. Aux États-Unis, qui deviendront par la suite un modèle pour les autres pays, ce n'est que bien plus tard, en 1937 avec la création du National Advisory Cancer Council, qu'est institutionnalisée l'évaluation par les pairs, cette fois dans le cadre du financement étatique de la recherche (voir *Université et Financement de la science*).

L'évaluation par les pairs (*peer review*), au cœur des divers mécanismes de reconnaissance scientifique et universitaire, ne va pas de soi et risque toujours de comporter une part d'arbitraire. Il ne faut donc pas s'étonner qu'elle soit l'objet de plusieurs études qui, souvent basées sur la dichotomie mertonnienne entre particularisme et universalisme, soulèvent la question de l'équité : il s'agit alors de savoir si le processus est entaché par des biais et si des caractéristiques « particularistes », comme l'âge, le sexe, ou la renommée d'un chercheur, influencent l'évaluation que les collègues font de son travail (voir *Femmes et sciences*). Les avis divergent. D'un côté, on reconnaît qu'il existe un effet cumulatif de la reconnaissance (l'« effet Matthews ») et que, selon l'expression de Bourdieu, le capital va à ce qui a déjà du capital (voir *Champ*). De l'autre, on défend, statistiques en main, l'idée que le processus d'évaluation n'est pas entaché par des biais, comme le statut académique, l'affiliation institutionnelle, le genre ou le domaine de recherche, et que l'évaluation d'un texte ou d'un projet de recherche par des pairs repose sur sa qualité.

En réalité, bien que les chercheurs parlent un « langage commun » en matière d'évaluation des pairs, c'est-à-dire qu'ils aient en tête des catégories semblables pour évaluer les individus ou les projets (bon/

mauvais, original/banal), et bien qu'ils adoptent habituellement les mêmes critères, il est loin d'être certain qu'ils interprètent de la même façon ces critères (voir *Paradigme* et *Discipline*). La définition d'un « bon » texte, d'un « bon » projet ou d'un dossier « solide » peut varier d'une génération à une autre, ou d'une discipline à une autre. L'étude de l'évaluation par les pairs permet donc d'analyser ce que Pierre Bourdieu appelle les « catégories de l'entendement professoral » et de montrer que leurs « modes d'usage » ou leurs interprétations varient d'une époque à une autre, d'une institution à une autre, et d'une discipline à une autre, selon le degré de compétitivité de chacune d'entre elles.

Un tel système d'évaluation demeure doublement paradoxal. Il y a d'abord, comme le relève Bourdieu, « le fait que les producteurs tendent à n'avoir pour clients que leurs concurrents », ce qui est pour lui « le *point archimédien* sur lequel on peut se fonder pour *rendre raison scientifiquement de la raison scientifique* » (2001, p. 108). Il y a ensuite le fait que si la foi en l'évaluation par les pairs relève en partie de l'idéologie, il reste qu'il s'agit d'une idéologie productive puisque c'est dans cette pratique, et dans la « fermeture sur soi » de la science qui en résulte, que résident, pour reprendre un autre mot de Bourdieu, les « conditions sociales du progrès de la raison » (voir *Professionnalisation de la science*).



Aguilar, Alfredo, Torbjörn Ingemanson, Stéphane Hogan et Etienne Magnien (1998), « Peer Review evaluation of proposals in the biotechnology programme of the European Union », *Research Evaluation*, vol. 7, n° 3, décembre, p. 141-146.

Bourdieu, Pierre (1975), « La spécificité du champ scientifique et les conditions sociales du progrès de la raison », *Sociologie et Sociétés*, vol. 7, n° 1, mai, p. 91-118.

— (2001), *Science de la science et réflexivité*, Paris, Raison d'agir.

Chubin, Daryl E. et Edward J. Hackett (1990), *Peerless Science; Peer Review and U.S. Science Policy*, Albany, State University of New York Press.

Cole, Stephen (1992), *Making Science: Between Nature and Society*, Cambridge (MA), Harvard University Press.

Fisher, Donald, Janet Atkinson-Grosjean et Dawn House (2001), « Changes in Academy/Industry/State Relations in Canada: The Creation and Development of the Networks of Centres of Excellence », *Minerva*, n° 39, p. 299-325.

Fournier, Marcel, Yves Gingras et C. Mathurin (1988), « L'évaluation par les pairs et la définition de la recherche universitaire », *Actes de la recherche en sciences sociales*, Paris, p. 47-55.

GOA (1994), « Peer Review Reforms Needed to Ensure Fairness in Federal Agency Grant Selection: Report of the Chairman, Committee on Governmental Activities, US Senate », General Accounting Office, Washington, D.C.

Hartmann, I. et F. Neidhart (1990), « Peer Review at the Forschungsgemeinschaft », *Scientometrics*, vol. 19, n° 5-6, p. 419-425.

Lamont, Michèle (2009), *How Professors Think: Inside the Curious World of Academic Judgment*, Cambridge, Harvard University Press.

## Évolution de la réglementation en science et technologie

*Marc Banik*

Dans les dernières décennies, la réglementation des industries de la science et de la technologie a évolué au même rythme que l'implication des instances gouvernementales (voir *Financement de la science*). Alors que les gouvernements s'y étaient peu intéressés au début de la révolution industrielle, la relance économique suivant la Seconde Guerre mondiale voit la création d'agences réglementaires auxquelles sont accordés d'importants pouvoirs discrétionnaires pour contrôler les secteurs industriels-clés, comme l'agriculture, la pharmaceutique, les transports, les télécommunications et la production d'énergie. C'est ainsi dans les années 1950 que la Food and Drug Administration (FDA) instaure un système d'approbation des médicaments qui oblige les promoteurs de ces produits à fournir la preuve scientifique de leurs prétentions thérapeutiques. Le modèle de la FDA, qui rend illégale la vente des médicaments non homologués, est ensuite adopté par presque tous les pays du monde industrialisé.

Dans les années 1980, la légitimité de ce pouvoir est cependant remise en question. Pour reconnaître le droit constitutionnel à la liberté individuelle et encourager la libre concurrence sur les marchés, les gouvernements cherchent plutôt à réduire l'emprise de la réglementation. Une première vague de changement, visant à réduire le contrôle de la FDA, survient dans les années 1980, alors que les ravages du sida aux États-Unis poussent des groupes de pression, comme Act Up, à revendiquer un accès plus rapide aux médicaments expérimentaux.

L'évolution de la réglementation est ainsi influencée par l'implication de parties prenantes. Dans le cas de la protection de l'environnement,

par exemple, l'autoréglementation et la coréglementation prennent de l'ampleur. Le principe de l'autoréglementation est d'inciter les producteurs (d'émanations toxiques, par exemple) à mettre au point eux-mêmes des systèmes de surveillance et de vérification ponctuelle (des « audits ») pour déceler des problèmes de pollution, et ainsi éviter des amendes. La coréglementation, quant à elle, implique les parties prenantes dans la création des règlements en créant des comités consultatifs composés d'experts industriels. On reproche à ces systèmes la possibilité d'influence des industries sur le gouvernement. De manière générale, les modernisations récentes du système réglementaire de la science et de la technologie dans de nombreux pays industrialisés visent à réduire les obstacles à l'innovation. La modernisation signifie également encourager la participation des parties prenantes et, le cas échéant, permettre aux organismes privés de s'autoréglementer ou de mettre au point des instances de vigilance financées et gérées par l'industrie elle-même (voir *Risques technologiques*).

La réglementation évolue aussi en fonction des développements technologiques. L'évolution réglementaire suit ainsi un processus de coévolution où l'innovation crée de nouveaux besoins réglementaires. Les promoteurs d'un nouvel appareil, par exemple, élaborent des normes de performance et d'efficacité qui seront ensuite à la base d'une nouvelle réglementation (voir *Normes et standards*). Dans ce processus de construction sociale, ce qui pourrait passer pour un processus purement technique ou scientifique est ainsi soumis à l'influence de divers acteurs comme les consommateurs, les experts scientifiques et les groupes de pression (voir *Controverse et Théorie de l'acteur-réseau*). De manière générale, l'évolution de la réglementation dans les industries de technologie, comme dans d'autres industries, est motivée d'une certaine manière par le progrès scientifique, mais surtout par les objectifs de protection du consommateur, de la libre concurrence dans le marché et de la nécessité de consulter des experts à l'extérieur des instances réglementaires (voir *Politique de la science et de la technologie*).



Ayres, I. et J. Braithwaite (1992), *Responsive Regulation*, Oxford University Press.

Carpenter, D. P. (2002), « Groups, the Media, Agency Waiting Costs, and FDA Drug Approval », *American Journal of Political Science*, vol. 46, n° 2, p. 490-505.

- Garud, R. et M. Rappa (1994), « A socio-cognitive model of technology evolution: The case of cochlear implants », *Organization Science*, vol. 5, n° 3, p. 344-362.
- Laffont, J.-J. et J. Tirole (1991), « The Politics of Government Decision-Making: A Theory of Regulatory Capture », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, n° 4, p. 1089-1127.
- Peltzman, S. (1976), « Toward a more general theory of regulation », *Journal of Law and Economics*, vol. 19, p. 211-240.
- Posner, R. A. (1974), « Theories of Economic Regulation », *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 5, n° 2, p. 335-358.
- Smith, R. A. (dir.) (1998), *The Encyclopedia of AIDS: A Social, Political, Cultural, and Scientific Record of the HIV Epidemic*, Londres, Fitzroy Dearborn Publishers.
- Temin, P. (1980), *Taking Your Medicine: Drug Regulation in the United States*, Cambridge (MA), Harvard University Press.

## Externalités de R-D

*Petr Hanel*

Les économistes appellent « externalité » (*spillover*) la situation où une activité de consommation ou de production d'un agent a une influence sur le bien-être d'un autre, sans que cette interaction fasse l'objet d'une transaction.

Le cas qui nous intéresse ici est la diffusion de la nouvelle technologie. L'innovation technologique est le résultat des activités de R-D et peut prendre plusieurs formes : un produit ou un procédé de production de bien ou de service nouveau ou amélioré, ou une combinaison de ces cas. La diffusion de la nouvelle technologie est le processus par lequel une innovation se propage dans l'espace économique en traversant des frontières régionales et nationales entre les entreprises, les industries et les consommateurs privés et publics (voir *Diffusion de la technologie*). Cette diffusion affecte aussi bien la production que la demande de nouvelle technologie.

La nouvelle connaissance incorporée dans une innovation a plusieurs attributs d'un bien public. Elle n'est pas rivale, c'est-à-dire que l'utilisation des nouvelles connaissances par les tiers n'en réduit pas la quantité initiale. Par contre, même si elle est protégée par un brevet ou autre instrument de la propriété intellectuelle, son appropriation ne peut être totalement limitée à l'innovateur initial (voir *Brevets et propriété intellectuelle*).

La diffusion de nouvelles technologies issues de la R-D donne lieu à deux types d'externalités. Le premier type est celui des « externalités de connaissances ». Ce type désigne les cas où la diffusion de la nouvelle technologie, d'habitude le résultat de l'investissement en R-D par un innovateur, donne lieu à l'imitation et à l'émulation. Quand les autres chercheurs ou entreprises assimilent, imitent ou utilisent la nouvelle technologie sans compenser l'innovateur initial, il s'agit d'externalités de connaissances. Comme en témoigne l'histoire de la technologie, les externalités de connaissances scientifiques et technologiques sont omniprésentes et même l'une des principales sources du développement technologique. Si on exclut les innovations susceptibles d'être utilisées à des fins antisociales (drogues, armes illicites, etc.), les externalités de connaissances sont en général positives. Le rendement social de l'investissement en R-D est dans ce cas supérieur au rendement privé obtenu par l'innovateur initial (voir *Objet technique*).

Le second type est celui des « externalités pécuniaires ». Ce terme désigne les cas où la diffusion de la nouvelle technologie prend plusieurs formes : elle intègre le marché de nouveaux produits et procédés dont elle améliore la qualité et la performance, et se diffuse à l'échelle régionale, nationale et internationale. Ce type d'externalité est la principale source de la croissance et du développement économique (voir *Impacts économiques*). Dans ce cas de figure, l'innovateur se trouve au départ dans une situation de monopole qui lui permet de demander un prix plus élevé que celui des produits auxquels se substitue son innovation. Cependant, la rente monopolistique que lui procure l'innovation n'est que temporaire : par le jeu de la concurrence, le prix de l'innovation initiale finit par baisser et l'innovateur ne peut conserver intégralement la rente d'innovation. On parle dans ce cas d'une externalité pécuniaire positive qui distribue une partie du bénéfice de l'innovateur aux imitateurs, émulateurs et consommateurs. Du point de vue de l'innovateur qui perd une partie du rendement sur son investissement en R-D, la concurrence crée une externalité négative. La perspective de ne pas pouvoir bénéficier pleinement de l'investissement en R-D mène donc à un sous-investissement en R-D. C'est pourquoi, laissé aux seules forces du marché, l'investissement privé en R-D est insuffisant du point de vue du bien-être de la société. La société cherche donc à compenser le sous-investissement en subventionnant la R-D (voir *Financement de la science*).

Notons qu'une externalité pécuniaire est une conséquence d'imperfection de mesure. Si les prix reflétaient parfaitement la qualité de produits et services, les externalités pécuniaires n'existeraient pas. Enfin, bien que les externalités de connaissances soient réelles, en pratique il est difficile de les isoler des externalités pécuniaires (aussi appelées externalités de rente).

La plupart des études concluent que le rendement privé de l'investissement en R-D est généralement bien supérieur au rendement du capital investi en équipement et bâtiments. Par contre, en raison des externalités de R-D, le rendement privé de l'innovateur est souvent significativement inférieur au rendement social de la R-D. Cependant, en raison des difficultés liées à la mesure, à l'imperfection des données et à la diversité des approches économétriques utilisées, l'estimation des rendements sociaux, et donc de l'effet des externalités de R-D, varie encore beaucoup d'une étude à l'autre (voir *Approches d'entrée-sortie*).



- Bernstein, J. I. (1989), « The structure of Canadian interindustry spillovers, and the rates of return to R&D », *Journal of Industrial Economics*, vol. 37, n° 3, p. 315-328.
- Griliches, Z. (1992), « The Search for R&D spillovers », *Scandinavian Journal of Economics – Supplement*, vol. 94, p. 29-47.
- (1979), « Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth », *Bell Journal of Economics*, vol. 10, n° 1, p. 92-116.
- Hanel, P. (2000), « R&D, interindustry and international spillovers of technology and the total factor productivity growth of manufacturing industries in Canada, 1974-1989 », *Economic Systems Research*, vol. 12, n° 3, p. 345-361.
- (1988), « L'effet des dépenses en R-D sur la productivité de travail au Québec », *L'Actualité économique*, vol. 64, n° 3, p. 396-415.
- Mansfield, E., J. Rapoport, A. Romeo, S. Wagner et G. Beardsley (1977), « Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 72 (mai), p. 221-240.
- Mohnen, P. (1992), *The Relationship Between R&D and Productivity Growth in Canada and other Major Industrialized Countries*, Ottawa, ministère de l'Approvisionnement et des Services, Canada.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box*, Cambridge University Press.

## Facteur d'impact

Vincent Larivière

Créé dans les années 1960 par Eugene Garfield, l'un des fondateurs de la scientométrie (voir *Bibliométrie*), le facteur d'impact est un indicateur qui, depuis une dizaine d'années, fait couler beaucoup d'encre dans la communauté scientifique: une mesure de l'«impact» scientifique des revues. À l'origine, cet indicateur avait été mis au point pour aider les bibliothécaires à choisir leurs abonnements à des périodiques scientifiques. Graduellement, il est cependant devenu, au cours des années 1990, un indicateur servant à évaluer la recherche et les chercheurs.

Thomson Reuters est la firme d'indexation qui compile le facteur d'impact des revues qu'il recense en sciences naturelles, médicales et sociales. Si l'on adopte l'année 2010 comme année de référence, on peut dire que Thomson procède au calcul suivant: (Nombre de citations reçues en 2010 par tous les documents d'une revue donnée publiés en 2008 et 2009) *divisé par* (Nombre d'articles, notes de recherche et articles de synthèse parus dans la revue en 2008 et 2009). Le résultat est réputé représenter la notoriété des textes parus dans cette revue (voir *Citation et Évaluation par les pairs*).

Malgré sa grande utilisation dans l'évaluation de la recherche, le facteur d'impact ainsi calculé n'est pas exempt de problèmes. Cinq limites lui sont généralement attribuées. Premièrement, il y a une *asymétrie* entre ce qui est inclus au numérateur et ce qui est inclus au dénominateur, ce qui influe principalement sur les revues à haut taux de citations. En effet, alors que l'on compte les citations reçues par l'ensemble des types de documents publiés par la revue (articles, notes, mais aussi éditoriaux, lettres, éléments de nouvelles, etc.), on ne compte que les articles, notes et articles de synthèse au dénominateur. Ainsi, une revue qui publie beaucoup d'éditoriaux et de lettres, qui sont ensuite cités, augmente son facteur d'impact par rapport à une revue qui ne publie que des articles. C'est le cas des revues *Nature* et *Science* qui, lorsque l'on corrige cette asymétrie, voient leur facteur d'impact passer, en 2009, de 34.480 à 22.770 et de 29.747 à 20.902, respectivement. Autrement dit, chaque citation à un document qui n'est pas considéré au dénominateur est un bonus pour la revue! Mieux, certains éditeurs

– quoique l'étendue de cette pratique ne soit pas quantifiée – ont augmenté artificiellement le facteur d'impact de leur revue en changeant le nom de certains articles pour des lettres, les retirant ainsi du dénominateur.

Deuxièmement, la probabilité pour un article d'être cité n'est pas la même dans les différents champs disciplinaires. Par exemple, le nombre de références moyen par article est beaucoup plus élevé en recherche biomédicale qu'en chimie ou en physique. On peut également observer une différence marquée au sein d'un champ disciplinaire donné, et même au sein des différentes spécialités du domaine médical. Ainsi, les facteurs d'impact ne peuvent être comparés entre les différentes disciplines (voir *Discipline* et *Champ*).

Troisièmement, le facteur d'impact des journaux inclut les autocitations, c'est-à-dire les références à des articles publiés dans la même revue. Bien que cette inclusion ne pose pas de problèmes *a priori*, elle est devenue problématique lorsque certains éditeurs de revues ont commencé à fortement suggérer à des auteurs de citer certains travaux précédemment publiés dans la même revue. Quatrièmement, la fenêtre d'observation de deux ans est généralement considérée comme trop courte pour mesurer l'impact global des articles. Dans certaines disciplines où le rythme de la recherche est plus lent, notamment, les articles ont besoin de plusieurs années avant de recevoir un nombre significatif de citations. Finalement, comme la distribution des citations reçues par les articles d'une revue est non paramétrique – une minorité d'articles reçoit la grande majorité des citations –, le facteur d'impact de la revue a un faible pouvoir prédictif sur l'avenir des articles eux-mêmes, un pouvoir prédictif qui diminue d'ailleurs depuis le milieu des années 1990. Certains travaux récents ont montré qu'il existait néanmoins une relation entre les facteurs d'impact des revues et les citations reçues par les articles – indépendamment de la qualité intrinsèque de l'article.

Il est donc généralement préférable, lorsque l'on veut mesurer l'impact scientifique de la recherche, d'utiliser les citations effectivement reçues par les articles plutôt que le facteur d'impact des revues où ils sont publiés. Cela étant, mentionnons finalement que le facteur d'impact présente néanmoins un avantage sur la mesure des citations reçues. En effet, puisqu'il est basé sur les articles précédemment publiés par la revue, il est disponible dès la publication de l'article. Les citations

réellement reçues, elles, prennent un certain nombre d'années avant de s'accumuler et de pouvoir être mesurées, ce qui retarde d'autant l'évaluation.



- Archambault, É. et V. Larivière (2009), « History of journal impact factor: Contingencies and consequences », *Scientometrics*, vol. 79, n° 3, p. 639-653.
- Falagas, M. et V. Alexiou (2008), « The top-ten in journal impact factor manipulation », *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, vol. 56, n° 4, p. 223-226.
- Fuyuno, I. et D. Cyranoski (2006), « Cash for papers: Putting a premium on publication », *Nature*, vol. 441, p. 792.
- Larivière, V. et Y. Gingras (2010), « The impact factor's Matthew effect: a natural experiment in bibliometrics », *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 61, n° 2, p. 424-427.
- Lozano, G. A., V. Larivière et Y. Gingras (2012), « The weakening relationship between the Impact Factor and papers' citations in the digital age », *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 63, n° 11, p. 2140-2145.
- Moed, H. F. et T. N. Van Leeuwen (1995), « Improving the accuracy of Institute for Scientific Information's journal impact factors », *Journal of the American Society of Information Science*, vol. 46, p. 461-467.
- Seglen, P. O. (1992), « The skewness of science », *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 42, p. 628-629.
- Smith, R. (1997), « Journal accused of manipulating impact factor », *British Medical Journal*, vol. 314, p. 463.

## Femmes et sciences

*Catherine Beaudry et Vincent Larivière*

Les femmes comptent pour une part de plus en plus importante du corps professoral québécois et des étudiants universitaires, toutes disciplines confondues (voir *Université*). Toutefois, de nombreuses différences subsistent encore entre les sexes selon les programmes et niveaux d'études, de financement des activités de recherche, et de production et d'impact scientifique.

Sur le plan des inscriptions aux cycles supérieurs, les femmes représentent depuis 1994 la majorité des étudiants des programmes de maîtrise et, en 2008, près de 47 % des étudiants au doctorat. Toutefois, leur distribution varie selon les disciplines: les sciences naturelles

et appliquées sont encore dominées par les hommes, alors que les sciences sociales et humaines regroupent une plus grande proportion de femmes. De même, le poids des femmes est passé de 14 % à 33 % du corps professoral canadien entre 1976 et 2006, tout en montrant des écarts entre les disciplines similaires à ceux observés chez les doctorants.

En matière de financement des activités de recherche, plusieurs études internationales montrent une différence entre hommes et femmes. Stack montre, à partir d'une enquête étatsunienne, qu'une proportion plus faible de femmes que d'hommes bénéficie d'un soutien financier. Larivière et ses collaborateurs ont observé une tendance similaire au Québec, spécifiquement chez les chercheuses en milieu de carrière et œuvrant dans les sciences naturelles, appliquées et de la santé. Zuckerman souligne par contre, à partir de données étatsuniennes, que les femmes reçoivent des subventions proportionnelles au nombre de propositions qu'elles soumettent : l'écart en faveur des hommes dans le financement global obtenu pourrait par conséquent être attribuable à une différence dans le nombre de demandes soumises.

En ce qui a trait à la productivité de la recherche, mesurée par le nombre de publications, le survol par Xie et Shauman (2003) de la vaste majorité des études publiées depuis les années 1990 montre un écart systématique en faveur des hommes d'environ 20 % à 30 %. Autrement dit, le volume d'articles publiés par des femmes représente entre 70 % et 80 % de celui des hommes. Il s'agit là d'une amélioration importante par rapport aux différences observées précédemment. En effet, une synthèse de Zuckerman, effectuée dix ans plus tôt, montrait que les femmes publiaient alors, en moyenne, de 40 % à 50 % moins d'articles que les hommes. Les résultats rapportés sont semblables tant pour les États-Unis que le Québec. L'impact scientifique de ces articles, mesuré par le nombre de citations reçues, est discuté : certaines études suggèrent des résultats similaires pour les deux sexes, tandis que d'autres avancent que l'impact des hommes est supérieur (voir *Bibliométrie et Facteur d'impact*). Bien que la participation des femmes à des demandes de brevet ait augmenté de façon importante entre 1991 et 2005, celles-ci sont toujours minoritaires en 2005, une proportion atteignant un maximum de 21 % pour le domaine pharmaceutique (voir *Brevets et propriété intellectuelle*).

Plusieurs raisons peuvent expliquer ces différences, notamment l'âge moyen plus élevé des hommes – associé à un rang supérieur dans la hiérarchie scientifique et donnant accès à davantage de ressources humaines ou physiques –, ainsi que les réseaux de collaboration moins étendus des femmes. D'autres facteurs sont l'état civil et la présence d'enfants. En effet, le rôle de mère et la division sociale du travail qui s'ensuit s'accompagnent d'un plus grand fardeau que les activités domestiques typiquement masculines. Cette situation entraîne une disponibilité réduite des femmes pour le travail de recherche et les rend moins productives que leurs collègues masculins. De plus, elles travaillent plus souvent dans des universités à moins grande intensité de recherche, occupent des postes de rang inférieur à ceux des hommes, et consacrent plus de temps à l'enseignement et à l'administration que les hommes, au détriment de la recherche.

Finalement, une hypothèse intéressante suggère que les femmes se spécialisent en général moins que les hommes, en choisissant de se pencher sur une plus grande variété d'objets de recherche au cours de leur carrière. Les observations de Leahey appuient à tout le moins cette hypothèse dans les disciplines de la sociologie et de la linguistique. Une plus grande spécialisation, selon cette auteure, avantagerait les hommes en donnant l'image d'une plus grande expertise professionnelle, source de plus d'autorité, de prestige et d'influence.



ACÉS (2011), 39<sup>e</sup> rapport statistique, Ottawa, ACÉS.

AUCC (2007), *Tendances dans le milieu universitaire*, vol. 2, *Corps professoral*, Ottawa, AUCC.

Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec (CREPUQ) (2010), *Les professeures et les professeurs des établissements universitaires québécois : principales caractéristiques de l'année 2007-2008*, Montréal, CREPUQ.

Frietsch, R., I. Haller, M. Funken-Vrohling et H. Grupp (2009), « Gender-specific patterns in patenting and publishing », *Research Policy*, vol. 38, n° 4, p. 590-599.

Larivière, V., É. Vignola-Gagné, C. Villeneuve, P. Gélinas et Y. Gingras (2010), *Financement, productivité et impact scientifique des chercheurs québécois selon le genre*, dans *Institut de la statistique du Québec, Compendium d'indicateurs de l'activité scientifique et technologique du Québec*, édition 2010, Québec, Gouvernement du Québec, p. 35-54.

Leahey, E. (2007), « Not by Productivity Alone: How Visibility and Specialization Contribute to Academic Earnings », *American Sociological Review*, vol. 372, p. 533-561.

- Stack, S. (2004), « Gender, Children and Research Productivity », *Research in Higher Education*, vol. 345, n° 8, p. 891-920.
- Xie, Y. et K. A. Shauman (1998), « Sex Differences in Research Productivity: New Evidence about an Old Puzzle », *American Sociological Review*, vol. 363, n° 6, p. 847-870.
- (2003), *Women in Science. Career Processes and Outcomes*, Cambridge, Harvard University Press.
- Zuckerman, H. (1987), « Persistence and Change in the Careers of Men and Women Scientists and Engineers », dans L. Dix (dir.), *Women : Their Underrepresentation and Career Differentials in Science and Engineering*, Washington, National Research Council.
- (1991), « The Careers of Men and Women Scientists: A Review of Current Research », dans H. Zuckerman, J. R. Cole et J. T. Bruer (dir.), *The Outer Circle. Women in the Scientific Community*, New York, W W Norton & Company, p. 27-57.

## Financement de la science et technologie

*Anastassios Gentzoglannis*

La science et technologie (ST) joue un rôle économique majeur, influant lourdement sur la croissance et le développement d'un pays. La science est définie comme les connaissances systématiques accumulées par la recherche fondamentale et l'expérimentation. La recherche et développement est le processus formel d'accumulation des connaissances qui aboutissent à des innovations et à de nouvelles techniques de production (voir *Recherche et développement*). Compte tenu de son importance, les responsables des politiques accordent une attention particulière à son financement. Afin de mesurer la performance d'un pays, dans le domaine de la ST, l'OCDE a ainsi développé des « principaux indicateurs de la science et de la technologie », publiés annuellement (voir *Statistisation*).

Depuis longtemps, le financement, ou le manque de financement, de la ST est considéré comme un problème capital. Le sous-financement de la R-D (*funding gap*, en anglais) est présent tant dans les PME et dans les grandes entreprises. Il s'explique par diverses raisons, dont le rendement anticipé relativement faible des inventions et le risque associé aux divers projets de R-D. La présence de capital de risque semble amoindrir le problème mais elle demeure insuffisante, particulièrement dans les pays où les marchés des capitaux ne sont pas développés adéquatement (voir *Clivage technologique*).

Le financement d'un projet d'investissement, notamment en R-D, est intimement lié à son coût en capital. En théorie financière, il existe un débat sur la structure optimale du capital, c'est-à-dire sur sa composition en fonds propres et en fonds empruntés, connu sous le nom de théorème de Modigliani-Miller. Dans la version la plus répandue du théorème, une entreprise ne doit pas se préoccuper de sa structure de capital tant qu'elle choisit un niveau d'investissement optimal. Le théorème avance aussi que le coût de financement doit être le même pour tous les types d'investissements, y compris la R-D ; par conséquent, compte tenu du risque non diversifiable, le rendement anticipé doit être égal pour tous les investissements. Ce théorème est toutefois contesté et il semble que sa validité soit particulièrement limitée, notamment en ce qui concerne la ST.

En théorie, le coût du capital de la R-D pourrait être relativement bas, surtout lorsque les marchés des capitaux sont développés. En réalité, les dépenses en R-D sont souvent excessivement élevées et ni les marchés des capitaux, ni les fonds propres ne suffisent à les financer. Dans ce cas, des syndicats financiers composés des banques et autres institutions financières peuvent financer ces projets. Dans le cas de « start-ups », les *anges blancs*, les investisseurs aguerris qui cherchent des rendements élevés, peuvent aussi devenir une source de financement majeure. Ces mécanismes de financement alternatifs, appelés également des solutions de « marchés libres » ne toutefois suffisent pas à pallier le sous-financement de la ST. Les raisons en sont le coût du capital, qui varie selon la source de financement, et l'existence d'un risque moral, d'une asymétrie de l'information et d'une incertitude combinée à des marchés incomplets (voir *Économie évolutionniste*).

Devant les défaillances des marchés, les résultats ne sont pas optimaux du point de vue social. Un financement public est alors jugé de mise pour combler le problème généré par l'absence du marché. Or, le financement public de la ST fait l'objet d'un vif débat, qui a trait à l'efficacité des politiques gouvernementales et même au bien-fondé de l'intervention de l'État. Des résultats d'études empiriques sont utilisés pour confirmer ou infirmer l'un ou l'autre argument. Des chercheurs dressent le portrait des performances technologiques de pays ayant des systèmes nationaux de ST et les comparent à des pays qui n'ont pas de tels systèmes (voir *Systèmes d'innovation et Territoires et sciences*). Le

fait que le Japon, très actif au niveau du financement public de la R-D mais qui présente une performance assez médiocre depuis les quinze dernières années, est utilisé comme une illustration de l'efficacité limitée des politiques de financement public de la R-D. Le financement public n'est en fait qu'un élément parmi d'autres qui contribuent à pallier le problème de sous-financement de la ST.



- Arrow, K. J. (1962), « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention », dans Richard Nelson (dir.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton (NJ), Princeton University Press.
- Champagne, C. et F. Coggins (2009), « Information Asymmetries in the Syndicated Loan Market: the Cost of the Distribution Method », Conférence annuelle de la Northern Finance Association, Winnipeg, Canada, septembre.
- Hall, B. H. (2002), « The Financing of Research and Development », *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 18, n° 1, p. 35-51.
- Hall, B. H. et J. Lerner (2010), « The financing of R&D and innovation », document de travail, n° 2010-012, United Nations University.
- Miller, M. H., et F. Modigliani (1961), « Dividend Policy, Growth, and the Valuation of Shares », *Journal of Business*, vol. 34, p. 411-433.
- Modigliani, F. et M. H. Miller (1958), « The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment », *American Economic Review*, vol. 48, p. 261-297.
- Nelson, R. R. (1959), « The Simple Economics of Basic Scientific Research », *Journal of Political Economy*, vol. 49, p. 297-306.
- OCDE (2011), *Principaux indicateurs de la science et de la technologie (PIST)*, édition 2011/1, Paris, Direction de la Science, de la technologie et de l'industrie.
- Schumpeter, J. (1942), *Capitalism, Socialism, and Democracy*, New York, Harper and Row.

## Fraudes scientifiques

*Bryn Williams-Jones, Ghislaine Mathieu et Elise Smith*

Selon le *Law Dictionary* de 2002, la fraude peut être définie comme « tout geste ayant pour fins de générer un gain au détriment d'un tiers par l'usage de procédés trompeurs ou injustes ». Plus spécifiquement, au sein de la communauté scientifique, ce qui différencie la fraude de l'erreur commise de bonne foi ou des biais en recherche tient au fait que la fraude dépend d'une action volontaire et intentionnelle, faite en vue d'induire un tiers en erreur au détriment d'une réalité ou d'un

fait scientifique. La fraude peut prendre la forme de différentes actions considérées comme des actes d'inconduite scientifique, telles que la fabrication ou l'omission de données, la falsification de résultats expérimentaux, ou encore l'appropriation des données produites par un tiers.

Au sein de la communauté scientifique, la fraude constitue une préoccupation réelle en raison des dommages qu'elle peut entraîner dans le domaine des savoirs qui sont au cœur de la science moderne. Toute fraude risque de porter atteinte à la crédibilité de la science dans sa globalité et des innovations qui en découlent (voir *Controverse et Relativisme*). Elle a pour effet de générer un gaspillage des ressources humaines et économiques, voire sociales, puisqu'une fois démontrée, elle peut rendre invalides des données acquises au cours de plusieurs années de recherche, obliger à reprendre des travaux de recherche, forcer des rétractations dans la littérature scientifique (voir *Évaluation par les pairs* et *Science*). Non seulement la fraude vient-elle miner la confiance des chercheurs entre eux, mais elle a aussi pour conséquence de créer auprès des gouvernements, de l'industrie et du public en général un scepticisme réel par rapport à la communauté scientifique. Lorsque des actions frauduleuses sont commises, elles peuvent aussi avoir des incidences sur les sujets humains qui ont participé à une recherche, sur le bien-être des humains et des animaux, sur les institutions qui encadrent la recherche, mais aussi sur la santé publique lorsqu'elles ont pour effet d'entraîner des décisions publiques néfastes (voir *Politique des sciences et des technologies*).

Parmi les cas de fraudes les plus remarquables et les plus médiatisés, on trouve la révélation des activités frauduleuses du chercheur sud-coréen Hwan Woo-Suk dans le domaine des cellules souches, ou encore la falsification des résultats des travaux menés par le Dr Andrew Wakefield pour démontrer que la vaccination pouvait entraîner des risques d'autisme chez les enfants. La fraude ne se limite toutefois pas à la recherche médicale ou environnementale : elle est présente dans tous les domaines d'activités scientifiques. C'est le cas en sciences et génie, comme en témoigne la manipulation des données des travaux de l'ingénieur Hendrik Schön au sein de Bell Laboratories, dans le champ de la supraconductivité de certains matériaux ; c'est aussi le cas dans les sciences humaines et sociales, où des fraudeurs ont pu enterrer des

artefacts ou des ossements pour valider la présence d'une occupation humaine ou animale ancienne dans une zone donnée.

Certaines fraudes peuvent n'être jamais révélées si elles ne sont pas rapportées ou si les résultats de recherche ne sont pas contestés. Des études empiriques sur les activités de fabrication, de falsification et de manipulation de données démontrent que celles-ci sont répandues dans la communauté scientifique et que ceux qui les commettent reconnaissent avoir des pratiques discutables, par exemple en excluant certains indicateurs de leurs analyses de laboratoire ou en agissant comme « auteurs cachés » (*ghost writers*) de publications auxquelles collaborent des entreprises. Il est toutefois souvent difficile de prouver le caractère intentionnel d'induire des tiers en erreur; en outre, l'erreur humaine est beaucoup plus répandue qu'on ne le croit généralement.

Certains facteurs peuvent constituer des incitatifs à commettre une fraude: la compétition, l'intérêt personnel, la pression de publier, les attentes sociales, les besoins financiers des chercheurs, voire les pressions institutionnelles associées aux promotions dans la carrière professorale (voir *Financement de la science* et *Champ*). Il devient donc important de prévenir les possibilités de fraude par la mise en place de bonnes pratiques professionnelles, l'établissement d'une culture éthique en matière de développement scientifique qui tende vers les plus hauts standards, le développement de politiques, de règlements, de lois, pour établir des mesures concrètes afin de gérer les situations de fraude qui pourraient se produire (voir *Éthique et déontologie*). On peut penser à des activités de formation à l'intention des chercheurs pour expliquer la nature des risques et les coûts associés à un comportement malhonnête. On peut aussi faire la promotion d'une éthique personnelle et professionnelle « responsable » en matière de recherche et d'intégrité scientifique auprès de tous les acteurs concernés, c'est-à-dire les universités, les industries et les chercheurs. Enfin, d'autres mesures peuvent être valorisées par les universités, les journaux scientifiques, les politiques publiques, pour punir les individus qui commettent des fraudes. Selon la nature de la fraude commise et des conséquences qui en découlent, ces pénalités pourraient prendre différentes formes: sentence criminelle, renvoi d'une institution, ou encore simple réprimande.



- Albrecht, C. *et al.* (2010), « The Debilitating Effects of Fraud in Organizations », dans R. J. Burke, C. L. Cooper et E. C. Tomlinson (dir.), *Crime and Corruption in Organizations: Why it occurs and what to do about it*, Gower Pub Co.
- Edwards, J. Gordon (2004), « DDT: A Case Study in Scientific Fraud », *Journal of American Physicians and Surgeons*, vol. 9, n° 3, p. 83-88.
- Fanelli, Daniele (2009), « How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? », *PLoS*, mai, vol. 4, n° 5, e5738.
- Franzen, Martina, Simone Rödder et Peter Weingart (2007), « Fraud: Causes and Culprits as Perceived by Science and the Media », *EMBO*, vol. 8, n° 1, p. 3-7.
- Pimple, Kenneth D. (2002), « Six Domains of Research Ethics: A Heuristic Framework for the Responsible Conduct of Research », *Science and Engineering Ethics*, vol. 8, p. 191-205.
- Reich, Eugénie Samuel (2009), *Plastic Fantastic: How the Biggest Fraud in Physics Shook the Scientific World*, Palgrave Macmillan Publ., 272 p.
- Schoenherr, J. et B. Williams-Jones (2011), « Research Integrity/Misconduct Policies of Canadian Universities », *Canadian Journal of Higher Education*, vol. 41, n° 1, p. 1-17.
- Steen, R. Grant (2010), « Retractions in the scientific literature: is the incidence of research fraud increasing? », *J Med Ethics*, publié en ligne, 24 décembre.
- The Law Dictionary* (2002), Anderson Publishing Co.
- Weiner, J. S. (2004), *The Piltdown Forgery*, Oxford University Press, p. 190-197.

## Gestion de la technologie

*Majlinda Zhegu*

La technologie est indispensable mais pas suffisante pour établir et consolider un avantage compétitif; elle constitue une ressource économique qui doit être développée et par conséquent, gérée. Les racines de la gestion technologique remontent au tournant du 19<sup>e</sup> siècle, lorsque la technologie devint une composante explicite des pratiques de gestion. Les grandes entreprises allemandes et américaines des secteurs de pointe de l'époque (comme la chimie ou l'énergie) commencèrent à organiser des programmes systématiques de recherche (voir *Invention et innovation*). À cette fin, elles créèrent leurs propres laboratoires de R-D, établirent des réseaux externes d'échanges technologiques et mirent en œuvre des alliances de R-D (voir *Alliances technologiques*).

L'effervescence des changements technologiques au cours du 20<sup>e</sup> siècle et les avantages comparatifs qu'ils procuraient aux entre-

prises et aux pays innovants ont attiré l'intérêt de la recherche universitaire. Joseph Schumpeter a placé l'innovation au cœur de l'économie en l'indentifiant comme le moteur de la croissance. Selon Solomon Fabricant (1953), le changement technologique serait responsable de 90 % de la croissance du produit intérieur brut par habitant des États-Unis pendant la période de 1871 à 1951. Plusieurs autres études empruntent alors ce filon de recherche. À la fin des années 1980, la gestion de la technologie se consolide autour d'un champ d'étude multidisciplinaire qui relie la science, l'ingénierie et la gestion pour soutenir la planification, le développement et la mise en œuvre des compétences technologiques afin d'élaborer et d'accomplir les objectifs stratégiques et opérationnels d'une organisation.

La gestion de la technologie s'est d'abord intéressée à la gestion de la R-D en focalisant sur les sources, les mécanismes et les processus qui influencent le changement technologique. Le champ d'étude s'est par la suite ramifié vers la gestion de l'innovation, la planification de la technologie et la gestion stratégique de la technologie. Lors de cette évolution, les activités de la gestion de la technologie, traditionnellement ancrées dans un département de R-D, se greffent progressivement aux autres fonctions organisationnelles, comme la planification stratégique, la production, le marketing, les finances et la gestion des ressources humaines (voir *Diffusion de la technologie* et *Cartographie conceptuelle*).

Au début des années 1990, Bengt-Ake Lundvall et Christopher Freeman lancent le concept des systèmes nationaux d'innovation. Selon cette perspective, le changement technologique dépendrait de la nature des interactions entre les entreprises, les gouvernements, les centres de recherche, les universités et les institutions d'une société. Ainsi, la gestion de la technologie dépasse les frontières organisationnelles et devient la résultante d'un effort commun. Gérer la technologie dans le contexte d'un système implique le développement continu de la capacité d'absorption d'une organisation, c'est-à-dire son aptitude à apprendre, à adopter et à exploiter les nouvelles connaissances qui se développent *in situ* ou chez les autres acteurs du système (voir *Systèmes d'innovation*).

Au cours des deux dernières décennies, l'identité disciplinaire de la gestion de la technologie se matérialise par l'apparition de nombreux programmes d'études universitaires, d'associations professionnelles

ou de revues spécialisées (voir *Discipline*). Plusieurs programmes d'études sur la gestion de la technologie de deuxième et troisième cycles sont offerts à l'échelle mondiale: Nambisan et Wilemon mentionnent quelques 200 de ces programmes offerts principalement par des écoles de gestion mais aussi par des écoles d'administration publique ou des écoles d'ingénieurs. Au cours de la même période, plusieurs associations professionnelles internationales ont émergé: SPRU (Science and Technology Policy Research), DRUID, International Association for Management of Technology (IAMOT), PICMET (Portland International Center for Management of Engineering and Technology). La prestigieuse American Academy of Management a également créé sa Division de la gestion de technologie et d'innovation. Au Canada, le Centre interuniversitaire de recherches sur la science et la technologie (CIRST) est le principal regroupement interdisciplinaire de chercheurs dont les travaux sont consacrés à l'étude des dimensions historiques, sociales, politiques, philosophiques et économiques de l'activité scientifique et technologique. Par ailleurs, certaines revues spécialisées sur la gestion de la technologie, comme *Research Policy*, *Technovation*, *Industry and Innovation*, *R&D Management* ou *IEEE Transactions on Engineering Management*, se positionnent très bien dans les classifications internationales des revues scientifiques (voir *Facteur d'impact*).



Baumol, W. (2002), *The Free-Market Innovation Machine: Analyzing the Growth Miracle of Capitalism*, Princeton University Press.

Drejer, A. (1997), « The discipline of management of technology, based in considerations related to technology », *Technovation*, vol. 17, n° 5, p. 253-265.

Fabricant, S. (1954), « Economic Progress and Economic Change », 34<sup>th</sup> Annual Report of the National Bureau of Economic Research, New York.

Lefebvre, E., L. A. Lefebvre et A. Le Luel (1993), « La gestion de la technologie, un choix ou une nécessité ? », Conseil de la science et de la technologie.

Nambisan, S. et D. Wilemon (2003), « A global study of graduate management of technology programs », *Technovation*, vol. 23, n° 12, p. 949-962.

National Research Council (1987), *Management of Technology: The Hidden Competitive Advantage*, Washington, D.C., National Academy Press.

Nelson, R. et S. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press.

Yanez, M., T. M. Khalil et S. T. Walsh (2010), « IAMOT and Education: Defining Technology and Innovation Management (TIM) Body-of-Knowledge (BoK) for graduate education (TIMBoK) », *Technovation*, vol. 30, n° 7-8, p. 389-400.

## Guerre, science et technologie

*Serge Bernier*

Derrière les combats et les armements, nous retrouvons un arsenal de relations, de connaissances et d'objets comme les rapports sociaux, la science, la technologie et les innovations, dont les applications sont aussi bien civiles que militaires (voir *État, pouvoir et science*).

Les savants ne sont pas étrangers à la guerre. Archimède s'implique dans la défense de Syracuse. Léonard de Vinci se fait ingénieur militaire. Nicolo Tartaglia pose les fondations de la balistique à partir de trois concepts de la physique dynamique : l'inertie, la gravitation et la vélocité. Newton ajoute la résistance du milieu à ces connaissances. D'autres apports importants pour les militaires viendront de la physique, comme la télégraphie, les transmissions, les mesures et contremesures électroniques, la cryptographie. L'histoire de la chimie ne peut éviter Vannocio Biringuccio qui s'attaque, au 16<sup>e</sup> siècle, à la préparation des poudres et à la métallurgie des canons. La métallurgie est d'ailleurs présente très tôt dans les armes : Homère nous les décrit en bronze, métal qui, au fil des siècles, fera place au fer, puis à l'acier et aux matériaux composites actuels alliant robustesse et légèreté. Physique, chimie, mathématiques, entre autres, se combinent dans l'arme nucléaire et dans les différentes façons de la projeter à partir de la terre, de la mer et des airs ainsi que de mettre en orbite des satellites-espions.

Au total, la recherche portant sur la production des armes et de leurs supports visera toujours la puissance de leur impact, leur portée, leur précision, la vitesse de leurs tirs, leur robustesse et leur légèreté. Dans ces domaines, on est dans une course constante entre la dernière nouveauté et sa contremesure (voir *Diffusion de l'innovation et Déterminisme technologique*).

Nombre d'innovations à portée militaire ont vu le jour grâce à des praticiens de génie inconnus, surtout jusqu'au 17<sup>e</sup> siècle. On ignore qui a mis au point l'étrier de fer qui, en offrant une assise solide aux cavaliers, joue un rôle essentiel dans l'existence de la chevalerie médiévale et l'efficacité des archers montés. On ne sait trop qui, en Chine, a commencé à utiliser une boussole primitive : l'instrument évoluera sur plus de mille

ans (le GPS l'inclut) et sera d'usage militaire sur mer, sur terre et dans les airs, jusqu'à nos jours (voir *Inventeur*).

D'autres techniques sont aussi mises à contribution par les militaires. Ainsi en est-il de la cartographie, qui passera par le dessin avant d'arriver, au 17<sup>e</sup> siècle, à la triangulation, à l'usage de la lunette astronomique et au calcul des angles de visée. La météorologie joue un rôle primordial dans le débarquement de Normandie en 1944. Le moteur à explosion et l'hélice servent aux opérations militaires depuis plus d'un siècle. L'hydrodynamique et l'aérodynamique connaîtront aussi de grands développements du fait des nécessités militaires.

Du côté médical, garrots et amputations sont connus depuis le 16<sup>e</sup> siècle sur les champs de bataille ainsi que certaines techniques élémentaires d'extraction de projectiles chez les blessés. On apprend à combattre les infections (fer rouge, asepsie). À compter du 18<sup>e</sup> siècle, on accorde une importance grandissante à la santé des combattants. Hygiène et alimentation saine éliminent le scorbut. La classification des groupes sanguins (1900) permet que les transfusions sanguines soient courantes dès 1917. En 1915, on entreprend l'ablation des tissus endommagés, technique qui réduira la proportion des morts par la gangrène durant et après la Première Guerre mondiale.

Les académies savantes fondées au 17<sup>e</sup> siècle étudient plusieurs propositions à but militaire, concernant le recul des armes de tir, les propriétés du salpêtre ou la détermination de la longitude en mer. Les militaires, toutefois, avaient déjà conclu que l'aide extérieure qu'ils recevaient devait être complétée par des connaissances internes, d'où le développement d'écoles militaires. Galilée, qui enseignait l'art des forteresses à Padoue, propose ainsi un programme d'instruction des officiers à base de mathématiques et de physique. Au siècle suivant, la formation des officiers inclut des sciences humaines – langues, histoire, géographie – en plus de sciences exactes et de techniques comme les mathématiques de base, la géométrie, les fortifications, la castramétation, le dessin et la topographie.

En somme, nous devons reconnaître que les guerres, sans être à l'origine de toutes les inventions, ont souvent servi d'aiguillon au progrès scientifique. Corrélativement, cela a impliqué une évolution dans la professionnalité des militaires modernes qui doivent connaître les sciences, leurs applications ainsi que les phases qui accompagnent la

fabrication, la distribution et l'utilisation d'armes, souvent de plus en plus coûteuses et en rapide renouvellement. Ils doivent aussi posséder de solides notions en politique, en économie et en administration. Nous pouvons considérer le général Andrew McNaughton comme la figure exemplaire d'un militaire canadien scientifique à succès : armé d'une maîtrise en génie, il se porte volontaire en 1914 et devient un brillant artilleur, avant de présider le Conseil national de la recherche scientifique (1935), de retourner sous les drapeaux (1939) et de commander la 1<sup>re</sup> Armée canadienne (1943).



Boot, Max (2006), *War Made New: Technology, Warfare, and the Course of History, 1500 to Today*, New York, Gotham Books.

Dahan-Damedico, Amy et Dominique Pestre (dir.) (2004), *Les sciences pour la guerre: 1940-1960*, Paris, Édition de l'École des hautes études en sciences sociales.

McNeill, William H. (1982), *The Pursuit of Power: Technology, Armed Force, and Society since A.D. 1000*, University of Chicago Press.

Pestre, Dominique (dir.) (2002), « La science et la guerre : 400 ans d'histoire partagée », *La Recherche*, hors série, n° 7.

Roland, Alex (1995), « Science, Technology, and War », *Technology and Culture*, vol. 36, n° 2 (hors série), p. 83-100.

Swettenham, John (1969), *McNaughton*, 3 vol., Toronto, Ryerson Press.

Van Creveld, Martin (1989), *Technology and War: From 2000 B.C. to the Present*, New York, Free Press.

## Histoire des sciences

*Peter Keating*

Les premières études d'histoire des sciences ont été écrites par des scientifiques qui, désireux de situer leurs propres résultats dans une filiation ou, inversement, de se démarquer des connaissances antérieures, produisirent des récits sur les origines de leurs pratiques et sur les accomplissements de leurs prédécesseurs. Ainsi, dès l'Antiquité, l'auteur anonyme d'un traité hippocratique intitulé *Médecine ancienne* (env. 410 av. J.-C.) retrace les développements progressifs du savoir médical de manière à discréditer la nouvelle doctrine d'Empédocle (490-430 av. J.-C.) sur les quatre humeurs. Cette utilisation de l'histoire

comme critique des contenus de connaissance, comme retour vers les origines d'une pratique ou comme revendication de rupture et d'originalité, fera date. On la retrouve par exemple dans la *Physique* d'Aristote, ou encore toute condensée dans une formule célèbre reprise par Isaac Newton dont les recherches, qui bénéficiaient de celles de René Descartes et de Robert Hooke, étaient dites montées « sur des épaules de géants ».

La référence de Newton à ses précurseurs s'inscrivait cependant dans le contexte d'une transformation profonde des institutions scientifiques. Au cours du 17<sup>e</sup> siècle, avec la fondation des cercles scientifiques italiens d'abord, puis celle des académies en France et en Angleterre par la suite, la pratique de la science tendit à revêtir plutôt la forme d'une entreprise collective que celle d'une tâche individuelle. Les récits d'histoire des sciences ne demeurèrent pas inaltérés par cette mutation dans l'organisation du travail scientifique. Et alors même que, de son propre chef, Newton inscrivait ses travaux dans le prolongement d'une tradition spécifique, la Société royale d'Angleterre (fondée en 1660) mandatait Thomas Sprat pour écrire une histoire de la jeune institution, spécifiant qu'il s'agissait d'en décrire la mission comme un projet collectif de ses membres. Le résultat, *L'histoire de la Société royale de Londres* (1667), en serait un traité tout aussi programmatique qu'historique, une caractéristique peut-être surprenante mais qu'il gardera néanmoins en commun avec bien des revues plus actuelles de la littérature scientifique.

Il faut dire que le contenu alors accordé à la notion d'*histoire* elle-même n'est plus d'usage aujourd'hui, n'ayant pas encore intégré les dimensions de développement ou d'évolution que l'historisation générale de la nature par les sciences biologiques et géologiques allait lui accoler à partir du 19<sup>e</sup> siècle. Lui-même « siècle de progrès », au sens où l'entendait Auguste Comte, pour qui incidemment la sociologie naissante était appelée à chapeauter l'édifice des sciences constituées, le 19<sup>e</sup> siècle voyait naître l'idée d'une histoire des sciences fondée sur l'étude des perfectionnements de la méthode scientifique. *L'histoire des sciences inductives* (1837) et son prolongement dans la *Philosophie des sciences inductives fondée sur leur histoire* (1840) de William Whewell en témoignent, introduisant au passage le substantif « scientifique » lui-même. À la fin du siècle, le physicien, philosophe et historien allemand

Ernst Mach soutiendrait non seulement que la science puisse progresser par voie de sélection naturelle de ses théories, mais encore que ses origines s'enracineraient dans la biologie humaine.

En dépit de cet intérêt manifeste porté aux lois générales du développement scientifique (voir *Loi scientifique*), l'histoire des sciences elle-même ne devait se doter de ses véritables fondations qu'entre les deux guerres mondiales, dans le cours des travaux de Gaston Bachelard en France et de Ludwik Fleck en Allemagne, où s'articule une toute nouvelle conception de l'activité scientifique. Dans la foulée d'une crise des sciences précipitée à la fois par les thèses d'Albert Einstein sur la relativité au tournant du siècle, et par l'imbrication inédite des sphères jusqu'alors distinctes de la recherche et de l'économie qu'inaugurerait la seconde révolution industrielle, les travaux de Bachelard en histoire et philosophie des sciences réorientaient l'étude de la dynamique historique des sciences dans le sens d'une analyse de ses caractères techniques et sociaux (voir *Science*). Entre autres choses, Bachelard a montré que les théories scientifiques ne flottaient pas dans des propositions et des écrits, mais qu'elles s'incarnaient dans des techniques. Pour lui, la science n'étudie jamais des phénomènes naturels tout faits; plutôt, elle les produit par l'utilisation d'instruments et la réalisation d'expériences. En conséquence de quoi il ne peut y avoir une méthode unique de la science, mais plutôt une pluralité méthodologique correspondant au développement multiforme des techniques expérimentales se soldant dans la forme d'une phénoménotechnique, où le rapport entre concept et technique en devient un d'échanges constants. Or, si le développement des techniques ne saurait être isolé du développement industriel ni, plus généralement, de l'univers social où il s'intègre, cela ne signifie pas qu'il s'y réduise tout à fait. La différenciation des disciplines et des spécialités se produisant au sein de la cité scientifique correspond à un mouvement interne des pratiques de recherche qui, rompant avec le sens commun, avancent sur le plan historique en rectifiant constamment des erreurs persistantes (voir *Discipline*).

Nommé en 1940 directeur de l'Institut d'histoire des sciences et des techniques de Paris (fondé en 1932), Bachelard contribuerait aussi à l'institutionnalisation de l'histoire des sciences en tant que discipline académique. George Canguilhem lui succéderait à ce poste en 1955, faisant de l'Institut l'un des centres de l'épistémologie historique les

plus réputés mondialement. Aux États-Unis, le personnage central du déploiement de la nouvelle discipline serait l'historien d'origine belge George Sarton, fondateur en 1919 de la revue *Isis*, qui demeure encore aujourd'hui la publication phare du domaine, premier professeur d'histoire des sciences à l'Université Harvard et fondateur de son «Department of the History of Science», l'une des plus importantes institutions du domaine. Son décès en 1956 devait laisser sans suite le vaste projet synthétique qu'il avait caressé et qui consistait en un survol historique mondial de toutes les disciplines scientifiques, indiquant à quel point le projet disciplinaire demeurait une coquille vide dans le monde anglo-saxon de l'après-guerre. Mais il s'agissait d'une situation que les travaux d'un enseignant du département de Harvard durant les années 1950 devaient changer. *La structure des révolutions scientifiques* (1962), le célèbre ouvrage de Thomas Kuhn et l'un des textes les plus cités de toute la littérature des sciences sociales dans la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle, rejoignait les thèses de Bachelard dans leur critique d'une représentation commune qui voit dans l'évolution des sciences l'effet d'un progrès cumulatif des méthodes et des concepts. Pour Kuhn, l'histoire des sciences fait apparaître une succession de paradigmes ou de matrices disciplinaires incommensurables, alors que les périodes révolutionnaires de changement de paradigme s'intercalent entre des périodes relativement longues de science normale durant lesquelles, enchâssés dans les pratiques routinières, les présupposés du paradigme ne sont pas remis en question (voir *Paradigme*). La notion de période révolutionnaire constitue le point névralgique de ce schème conceptuel du développement des sciences, puisqu'elle désigne une période durant laquelle les chercheurs sont invités à choisir entre deux (ou plusieurs) théories scientifiques sur des bases que les données scientifiques elles-mêmes ne peuvent fournir. Cette ouverture à la délibération et l'introduction corrélatrice de la notion de controverse scientifique ont pavé la voie à une série d'études historiques cherchant à mettre au jour les rapports plus ou moins directs entre les contenus de la connaissance scientifique et leur contexte socioculturel de production (voir *Controverse*).

Depuis les années 1980, lorsqu'elle n'est pas détournée par le champ voisin de l'histoire sociale et culturelle, l'histoire des sciences est aux prises à l'interne avec ses propres tendances rivales, qui tantôt se chevauchent, tantôt se contredisent. Ainsi, les tenants de la «techno-

science» rejettent toute distinction marquée entre science et technologie, préférant traiter les deux objets sur un continuum, affectant par là de contourner la distinction entre science et société (voir *Technologie*). Au contraire, les héritiers du projet de l'épistémologie historique considèrent que c'est dans la science expérimentale elle-même, et notamment dans le creuset des systèmes expérimentaux que la démarcation entre l'objet technique et l'objet épistémique ou scientifique surgit. Entre ces deux tendances, d'autres travaux ont marqué un tournant pratique dans l'histoire des sciences, dont ceux sur les sciences expérimentales. Plus intéressée à l'analyse des outils et des routines de la science telle qu'elle se fait que par l'étude des révolutions scientifiques ou la succession des concepts, cette dernière tendance permet de faire apparaître de nombreuses passerelles possibles entre science et société, restées jusqu'alors insoupçonnées.



- Bachelard, Gaston (1934), *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, PUF.
- Canguilhem, Georges (1968), *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin.
- Fleck, Ludwik (1981 [1935]), *The Genesis and Development of a Scientific Fact*, University of Chicago Press.
- Forman, Paul (2007), « The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Post-modernity, and of Ideology in the History of Technology », *History and Technology*, vol. 23, p. 1-152.
- Hacking, Ian (1983), *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press.
- Kuhn, Thomas (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press.
- Latour, Bruno (1989), *La science en action*, Paris, La Découverte.
- Rheinberger, Hans-Jörg (2010), *On Historicizing Epistemology*, Stanford University Press.
- Sarton, George (1927-1948), *Introduction to the History of Science*, 3 vols., Baltimore, Williams & Wilkins.
- Zhmud, L. (2006), *The Origin of the History of Science in Classical Antiquity*, trad. A. Chernoglazov, Berlin, De Gruyter.

## Impacts économiques de la science, de la technologie et de la recherche

*Catherine Beaudry et Annie Martin*

Les termes impacts, bénéfices, effets et résultats sont souvent utilisés de façon interchangeable. Walter et ses collaborateurs classent ainsi des bénéfices à court, moyen et long terme comme étant respectivement des « produits » (*output*), des « impacts » et des « résultats » (*outcomes*). D'autres, comme Salter et Martin, distinguent les résultats « immédiats », « intermédiaires » et « ultimes », tandis que Godin et Doré parlent tout simplement d'« impacts ». Étant donné le manque de consensus sur le plan de la terminologie, la définition présentée ici se veut plus englobante que restrictive.

La notion d'impact est multidimensionnelle et peut inclure : les effets de nouvelles connaissances sur l'économie et la population ; les effets de nouvelles technologies sur les pratiques, la culture et les comportements ; les effets environnementaux de nouveaux processus ; ou les effets de politiques sur la croissance économique et l'amélioration de la qualité de vie (voir *Externalités de la R-D*). Directs ou indirects, les impacts possibles de la science, de la technologie et de la recherche sont donc variés. Ils peuvent être classés en trois grandes familles : les impacts technologiques, économiques et sociaux. Alors que les impacts économiques ont fait l'objet de nombreuses études, les impacts sociaux, culturels, politiques et organisationnels ont été largement négligés. Certains, comme Dasgupta et David, parlent ainsi plutôt d'impacts socioéconomiques, en mettant les impacts sociaux sous l'ombre des impacts économiques. Parmi les impacts sociaux envisageables, on dénombre le bien-être de la population, l'amélioration de la qualité de vie ou la création d'emploi (aussi un impact économique) ; ces impacts peuvent aussi être négatifs, comme la délocalisation de la main-d'œuvre ou la destruction de l'environnement.

Les gouvernements visent une intensité des dépenses de R-D représentant 3 % du produit intérieur brut (PIB), la majeure partie provenant du secteur public afin de stimuler des activités scientifiques et technologiques dont les impacts indirects sont de nature socioéconomique (voir *Financement de la science*). Le gouvernement joue d'ailleurs de

plus en plus le rôle de catalyseur de la science, de l'innovation et de la technologie par l'intermédiaire du financement de la recherche, autant publique que privée.

Cette intervention prend diverses formes. Le financement public du secteur privé engendre des augmentations des activités de R-D et des innovations, des réductions du cycle d'innovation et une performance accrue des entreprises dans des domaines où le marché ne suffit pas à stimuler l'investissement privé en recherche. Le financement public des universités, lui, génère sans doute un effet de signal qui favorise l'obtention de subventions ou de contrats, ainsi que l'attraction de chercheur-étoiles (voir *Université*). Parmi les bénéfices de la recherche subventionnée, Salter et Martin identifient une série d'impacts qu'ils qualifient d'« intermédiaires » : la quantité de connaissances et la résolution de problèmes, la formation de personnel qualifié, la création de technologies et de processus, la formation de réseaux et la stimulation d'interactions sociales, et l'émergence de nouvelles compagnies. Ces retombées sont jugées distinctes d'impacts « ultimes », comme l'impact de la science sur la population, la santé, les capacités organisationnelles, les comportements, l'environnement, etc.

Le financement privé de la recherche industrielle se traduit généralement par l'augmentation des activités innovantes, de nouveaux produits et services en découlant, de nouvelles parts de marché ou l'entrée sur de nouveaux marchés. L'impact du financement privé de la recherche publique est souvent associé à la résolution de problèmes industriels, à la commercialisation de la recherche appliquée, au partage de la propriété intellectuelle et à l'émergence d'entreprises dérivées (voir *Invention et innovation*).

Geisler estime que la sélection des méthodes de mesure d'impact de la R-D nécessite une analyse du phénomène en partant du général au spécifique, afin de comprendre les concepts sous-jacents de la recherche et l'étendue possible des bénéfices. Il paraît en effet crucial de comprendre ce que l'on veut mesurer. Les méthodes économiques à elles seules ne peuvent brosser un portrait global des impacts de la R-D, en se limitant à des groupes précis de retombées comme le profit, la productivité et l'emploi (voir *Approches d'entrée-sortie*). Parmi les indicateurs d'impact technologique, le calcul des articles scientifiques, brevets et citations permet de retracer l'intensité des activités scientifiques et d'en

faire l'analyse à l'aide d'outils bibliométriques. L'examen par les pairs de ces indicateurs et des résultats de la recherche peut donner une indication de l'impact de la recherche dans le monde scientifique. Malgré la variété des outils disponibles, plusieurs critiquent en fait le caractère jugé anecdotique des études d'impacts sociaux. L'hétérogénéité même des méthodes d'évaluation révèle la difficulté à standardiser l'étude des impacts sociaux (voir *Statistisation*).



Blume-Kohout, M., K. Kumar et N. Sood (2009), *Federal life sciences funding and university R&D*, NBER Working Paper n° 15146.

Dasgupta, P. et P. David (1994), « Towards a New Economics of Science », *Research Policy*, vol. 23, n° 5, p. 487-521.

Geisler, E. (2000), *The metrics of science and technology*, Quorum Books, États-Unis.

Godin, B. et C. Doré (2005), « Measuring the Impacts of Science: Beyond the Economic Dimension », INRS Urbanisation, Culture et Société.

Lepori, B., R. Barré et G. Filliatreau (2008), « New perspectives and challenges for the design and production of S&T indicators », *Research Evaluation*, vol. 17, n° 1, p. 33-44.

Olsen, S. (2003), *Social Return on Investment: Standard Guidelines*, Berkeley, University of California, Center for Responsible Business, <https://bitly/19o9Tko>.

Pisano, G. (1990), « The R&D boundaries of the firm: an empirical analysis », *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, p. 53-177.

Roessner, J. D. (2002), « Outcome Measurement in the USA: State of the Art », *Research Evaluation*, vol. 11, n° 2, p. 85-93.

Salter, A. J. et B. R. Martin, (2001), « The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review », *Research Policy*, vol. 30, p. 509-532.

Walter, A. I., S. Helgenberger, A. Wiek et R. W. Scholz (2007), « Measuring societal effects of transdisciplinary research projects: Design and application of an evaluation method », *Evaluation and Program Planning*, vol. 30, p. 325-338.

## Infrastructure sociotechnique

*Florence Millerand*

Le terme « infrastructure » évoque spontanément les équipements routiers, ferroviaires, maritimes, le système d'électricité ou le réseau hydraulique. En science, les infrastructures de recherche réfèrent aux grands équipements scientifiques (observatoires astronomiques, synchrotrons, réseaux de surveillance de l'environnement), aux collections

(musées d'histoire naturelle) ou encore aux infrastructures informationnelles (Internet et grandes bases de données). Sur le plan théorique, la notion d'«infrastructure sociotechnique» a été proposée au milieu des années 1990 par Star et Ruhleder pour étudier l'infrastructure d'un point de vue sociologique, c'est-à-dire du point de vue des pratiques associées à leur développement, cherchant ainsi à dépasser les visions purement techniques (voir *Objet technique*). Les études d'infrastructure (*infrastructure studies*) se sont développées autour de cette notion.

Dans la lignée des analyses sociohistoriques de grands systèmes technologiques, ces travaux mettent l'infrastructure au premier plan des analyses et font de ces systèmes, habituellement invisibles et peu attrayants, des objets d'intérêt pour les chercheurs en STS qui visent à en comprendre les dynamiques d'innovation technique et les usages. En adoptant une vision pragmatique, Star et Ruhleder considèrent l'infrastructure comme étant fondamentalement relationnelle: pour un administrateur de réseau, par exemple, la maintenance du réseau informatique d'une organisation (gestion des comptes usagers et des machines) est au cœur de son activité quotidienne, alors que ces tâches restent invisibles pour les usagers. Le travail de l'un constitue l'infrastructure de l'autre. Par analogie à la question d'Engenström («When is a tool?», à laquelle Engenström répond en termes de réseau d'usages et d'actions), Star et Ruhleder proposent la question «*quand* sommes-nous en présence d'une infrastructure?» plutôt que «*qu'est-ce* qu'une infrastructure?». Il revient au chercheur d'évaluer l'intérêt analytique d'examiner un phénomène en tant qu'infrastructure, autrement dit de poser des questions comme: sur quoi repose le travail de telle personne? Qui et qu'est-ce qui le rend possible? Une infrastructure émerge *in situ*, pour des individus et des groupes, en relation à des activités et des structures (voir *Études de cas en STS*).

Comprendre comment émerge une infrastructure, c'est mettre au jour un processus d'«*infrastructuring*» (Hughes, 1983), c'est-à-dire un processus complexe de conception et de développement, actif et continu, qui s'oppose à la vision d'une infrastructure inerte et «déjà là». Concrètement, il s'agit de prendre en compte l'ensemble des matérialités, des activités et des personnes associées à son développement (standards techniques, développeurs, participation d'usagers au développement d'une bio-banque). L'adoption de cette perspective permet

de mettre au jour la diversité des ressources matérielles ainsi que le travail d'acteurs souvent invisibles ou peu considérés dans des environnements sociotechniques complexes (travail technique dans les laboratoires de recherche, travail infirmier dans les établissements de santé). Les travaux sur les infrastructures ont souvent insisté sur la dimension d'invisibilité de certaines activités, en mettant l'accent sur la méthode ethnographique pour observer les moments de panne ou de rupture (lorsque le réseau est en panne, il devient tout à coup très visible pour l'utilisateur). Il s'agit d'aller voir dans les coulisses pour regarder l'infrastructure en train de se faire et de pratiquer l'« inversion infrastructurelle », selon le mot de Bowker.

La notion d'infrastructure sociotechnique met l'accent sur le fait que la technologie, au sens d'une configuration matérielle, joue un rôle important non pas en soi, mais parce qu'elle est enchâssée dans un ensemble complexe d'artefacts, de systèmes et d'autres infrastructures. Le biologiste qui utilise une base internationale de données sur la biodiversité a recours en fait à une constellation de dispositifs, protocoles et standards techniques qui inscrivent la base de données dans des arrangements sociaux (politiques institutionnelles de partage des données scientifiques), techniques (protocoles de transmission de données) et scientifiques (nomenclatures de collections). Mettre au jour ces configurations sociotechniques permet de comprendre la nature du travail d'« *infrastructuring* » et ainsi de dévoiler les choix politiques, éthiques et sociaux qui ont été faits tout au long de son développement. Si l'on admet que toutes les infrastructures font l'objet de négociations et de débats, ne serait-ce que sur des options techniques ou économiques, cette perspective sur l'infrastructure invite à en examiner les ramifications sociales, organisationnelles, voire scientifiques (voir *Construction sociale des technologies*). Ainsi, l'adoption d'un standard de description dans un projet de grande base de données en écologie peut privilégier un certain type de données (par exemple, des données d'écologie physique) plutôt qu'un autre (par exemple, des données d'écologie biologique), en facilitant l'accès aux premières simplement par la façon dont celles-ci sont classées et catégorisées. La question du rôle performatif des infrastructures informationnelles constitue l'une des pistes de recherche pertinentes des études d'infrastructure, en invitant le chercheur, d'une part, à s'interroger sur les dimensions éthiques

et politiques des dispositifs, et d'autre part, à aborder les modalités pratiques des processus de représentation des catégories de la science (voir *Catégories*).



- Abbate, J. (1999), *Inventing the Internet*, Cambridge (MA), MIT Press.
- Bowker, G. C., K. S. Baker, F. Millerand et D. Ribes (2010), « Towards Information Infrastructure Studies: Ways of Knowing in a Networked Environment », dans J. Hunsinger, J. M. Allen et L. Klastrup (dir.), *International Handbook of Internet Research*, Springer, p. 97-117.
- Bowker, G. C. (2000), « Biodiversity Datadiversity », *Social Studies of Science*, vol. 30, n° 5, p. 643-684.
- (1994), *Science on the Run: Information Management and Industrial Geophysics at Schlumberger, 1920-1940*, Cambridge (MA), MIT Press.
- Edwards, P. N., S. J. Jackson, G. C. Bowker et R. Williams (2009), « Introduction: An Agenda for Infrastructure Studies », *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 10, n° 5, p. 364-374.
- Engeström, Y. (1990), « When is a tool? Multiple meanings of artifacts in human activity », dans Y. Engeström (dir.), *Learning, Working and Imagining: Twelve Studies in Activity Theory*, Helsinki, Orienta-Konsultit.
- Goffman, E. (1973), *La mise en scène de la vie quotidienne 1. La présentation de soi*, Paris, Éditions de Minuit (trad. française de l'édition de 1959).
- Hughes, T. P. (1983), *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press.
- Millerand, F. et G. C. Bowker (2009), « Metadata Standards. Trajectories and Enactment in the Life of an Ontology », dans S. L. Star et M. Lampland (dir.), *Standards and Their Stories*, Cornell University Press, p. 149-165.
- Star, S. L. (1999), « The Ethnography of Infrastructure », *American Behavioral Scientist*, vol. 43, p. 377-391.
- Star, S. L. et K. Ruhleder (1996), « Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces », *Informations Systems Research*, vol. 7, n° 1, p. 111-134.

## Innovation ouverte

*Lorna Heaton*

L'innovation ouverte se base sur la prémisse que les connaissances pertinentes à l'innovation sont distribuées et souvent produites de manière collaborative. Dans ce contexte, si les compagnies veulent innover, il

devient important pour elles de chercher et d'exploiter les découvertes d'autres organisations plutôt que de se fier exclusivement sur leurs ressources internes. Ainsi, l'idée de l'innovation ouverte repose sur une démarche coopérative qui implique une variété d'acteurs et de sources externes (clients, fournisseurs, concurrents, laboratoires universitaires, agents de brevets, organismes de financement public, etc.). Le défi pour l'organisation innovante est l'intégration de l'ensemble de ces acteurs dans une démarche flexible dépassant la notion traditionnelle d'alliance ou de contrat de recherche.

L'innovation ouverte ne représente pas une nouveauté radicale. Les firmes ont compris depuis longtemps l'importance de s'appuyer sur les connaissances externes (voir *Externalités de la R-D et Alliances technologiques*). L'élément le plus novateur consiste dans la multiplicité des modalités de collaboration qui se sont développées surtout grâce à la facilité avec laquelle l'information peut être partagée au moyen des technologies d'information et de communication (TIC).

Une dimension importante de l'innovation ouverte est l'implication des utilisateurs dans le processus de co-crédation. Le « *crowdsourcing* » (approvisionnement par la foule) est une modalité d'innovation ouverte qui s'appuie fortement sur les TIC. Typiquement, une compagnie pose un problème ou un défi sur une plateforme Web et invite tout le monde (la foule) à proposer des solutions. La compagnie bénéficie ainsi de la créativité, de l'intelligence et du savoir-faire d'un grand nombre d'internautes. Après un certain temps, la solution gagnante est choisie, récompensée, produite et commercialisée. La plateforme *Innocentive* ([www.innocentive.com](http://www.innocentive.com)) est un exemple bien connu du *crowdsourcing*.

Contrairement au *crowdsourcing* qui fait appel à une foule anonyme, l'innovation ouverte par des communautés (souvent des communautés d'utilisateurs) fait appel à une communauté connue et balisée (voir *Amateurs et Usager, figures de l'usager*). Il s'agit de créer de la valeur en impliquant les clients pour mieux comprendre leur expérience et leurs attentes envers un produit ou un service. On mise sur des plateformes sur lesquelles des communautés de clients et d'utilisateurs sont amenées à créer, à développer de nouveaux produits et services et à en discuter dans le but précis de stimuler la créativité et d'« exploiter » les sources diverses de connaissances pour innover. Non seulement peut-on partager les idées ouvertement et sans coût, mais celles-ci

se voient améliorées du fait d'être échangées entre les membres de la communauté. Il en résulte un produit plus robuste. À titre d'exemple, l'industrie du jeu vidéo s'appuie fortement sur la mobilisation de ses communautés d'utilisateurs pour son développement. Dans ce contexte, la fidélisation des utilisateurs pour les transformer en une source d'avantage concurrentiel est un enjeu important pour les compagnies. Ainsi, Franke et Schreier notent qu'un manufacturier qui vise à intégrer les utilisateurs doit travailler non seulement comme un « chasseur » des utilisateurs d'avant-garde et de leurs idées novatrices, mais aussi comme un « jardinier » qui fournit des ensembles d'outils pour faciliter l'innovation continue par les utilisateurs (voir *Cartographie conceptuelle et Construction sociale des technologies*).

Le domaine du logiciel à code source ouvert est un cas extrême d'innovation ouverte collaborative. En fait, bien que la définition généralement acceptée d'innovation ouverte soit celle proposée par Chesbrough, Baldwin et von Hippel préfèrent restreindre l'utilisation de cette « ouverture » aux situations où toute l'information concernant l'innovation est un bien public, sans rivalité ni possibilité d'exclusion. Cette utilisation est étroitement liée au sens que prend l'ouverture dans les logiciels à code source ouvert et dans la science ouverte. Dans les projets d'innovation ouverte collaborative, les utilisateurs et autres parties partagent à la fois le travail de conception et le produit de leurs efforts, individuels et collectifs. Chaque innovateur contributeur fait une partie du travail mais peut se fier aux autres pour le reste, et toutes les personnes impliquées reçoivent la valeur de l'ensemble. Baldwin et von Hippel notent l'importance de la modularité comme stratégie d'organisation et de coordination pour réaliser de grands projets collaboratifs. Différents modules peuvent être élaborés indépendamment et en parallèle, et les parties composantes rassemblées ensuite.

Les innovations par les utilisateurs constituent une partie importante de l'innovation ouverte, et possiblement la partie la plus radicale. En plus de recherches considérables sur les « *lead-users* » et sur les asymétries d'information et de pouvoir entre développeurs et utilisateurs, des études récentes sur la micro-innovation ou sur l'innovation incrémentale examinent comment les innovations générées par les utilisateurs sont transformées en produits commerciaux. Par exemple, Hyssalo souligne l'importance des utilisateurs pour évaluer les prototypes, pour

sensibiliser les concepteurs aux contextes d'utilisation et de pratique, et pour prévoir les tendances et imaginer de nouveaux produits (voir *Gestion de la technologie*).

Pénin et ses collaborateurs identifient deux autres modalités d'innovation ouverte, appuyées davantage sur les stratégies d'affaires que sur les relations avec les utilisateurs : l'acquisition d'une nouvelle technologie par l'achat de la compagnie qui l'a développée (*spin-in*) ou la cession de la technologie pour assurer le développement de nouveaux projets qui ne peuvent être réalisés dans la structure existante (*spin-off*). Moins radicaux mais de même nature sont l'achat et la vente de licences et de brevets (voir *Brevets et propriété intellectuelle*). Tous ces moyens accroissent la perméabilité des frontières de l'entreprise, la caractéristique centrale de la définition de l'innovation ouverte.



- Baldwin, C. Y. et E. von Hippel (2011), « Modeling a Paradigm Shift: From Producer Innovation to User and Open Collaborative Innovation », *Organization Science*, vol. 22, n° 6, p. 1399-1417.
- Burger-Helmchen, T. et C. Guittard (2008), « Are Users the Next Entrepreneurs? A Case Study on the Video Game Industry », *International Review of Entrepreneurship*, vol. 6, p. 57-74.
- Chesbrough, H. M. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston (MA), Harvard Business School Press.
- Dasgupta, P. et P. A. David (1994), « Toward a new economics of science », *Policy Research*, vol. 23, n° 5, p. 487-521.
- Franke, N. et M. Schreier (2002), « Entrepreneurial opportunities with toolkits for user innovation and design », *International Journal on New Media Management*, vol. 4, n° 4, p. 225-234.
- Franke, N. et S. Shah (2003), « How Communities Support Innovative Activities: An Exploration of Assistance and Sharing Among End-Users », *Research Policy*, vol. 32, n° 1, p. 157-178.
- Hyssalo, S. (2009), « User innovation and everyday practices : micro-innovation in sports industry development », *R&D Management*, vol. 39, n° 3, p. 247-258.
- Penin, J., C. Hussler et T. Burger-Helmchen (2011), « New shapes and new stakes : a portrait of open innovation as a promising phenomenon », *Journal of Innovation Economics*, n° 7, p. 11-29.
- Raymond, E. S. (1999), *The Cathedral and the Bazaar: Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary*, Sebastopol (CA), O'Reilly.
- Von Hippel, E. (2005), *Democratizing Innovation*, Cambridge (MA), MIT Press.

## Interdisciplinarité

*Julien Prud'homme, Vincent Larivière et Yves Gingras*

Au cours des quarante dernières années et, plus spécifiquement, depuis la parution de l'ouvrage fondateur *The New Production of Knowledge* signé par Gibbons et ses collaborateurs, l'interdisciplinarité – et ses concepts apparentés que sont la transdisciplinarité et la multidisciplinarité – a été considérée comme une pratique positive devant être encouragée, tant dans la recherche que dans l'enseignement (voir *Financement de la science et Économie de l'innovation*). Bon nombre de documents gouvernementaux nationaux et internationaux en font la promotion. Or, ce concept abstrait demeure généralement mal défini, ce qui mène certains chercheurs à se replier sur une définition minimale de la recherche interdisciplinaire: Klein, par exemple, se limite à y voir «l'usage de plus d'une discipline dans la réalisation d'une enquête donnée». Ouverte à diverses interprétations, cette définition reporte le problème de la définition vers la discussion, plus ancienne et mieux contrôlée, sur ce qu'est une «discipline» scientifique. La définition de l'interdisciplinarité en vient ainsi à reposer sur une réflexion sur le devenir d'une organisation disciplinaire de la science (voir *Discipline*).

La question de l'interdisciplinarité est généralement abordée sous deux angles très différents. D'une part, certains auteurs présentent l'interdisciplinarité comme une dissolution de l'organisation disciplinaire «traditionnelle» des sciences dans le but d'en optimiser l'application à des problèmes pratiques. D'autres décrivent au contraire la tendance à l'interdisciplinarité comme la conséquence normale d'un phénomène de spécialisation intrinsèque à l'organisation disciplinaire de la science. De ce point de vue, l'interdisciplinarité servirait essentiellement de véhicule temporaire à l'émergence de nouveaux espaces disciplinaires, et elle reconduit le système des disciplines plus qu'elle ne le dissout.

La littérature existante sur les pratiques de l'interdisciplinarité converge autour de trois problèmes-clefs. Le premier concerne les visées de l'entreprise interdisciplinaire. Ces visées ne font pas consensus. Un certain discours normatif présente l'interdisciplinarité comme une nécessité pratique, la résultante de demandes «pratiques», externes à la science et exigeant la résolution de problèmes complexes. Plusieurs

chercheurs contestent cependant cette lecture, faisant remarquer que l'approche « par problème » ne tranche en rien avec la démarche scientifique passée et que le recours à l'interdisciplinarité pour résoudre un problème précis est un fait essentiellement contingent. Ces chercheurs font surtout remarquer que même dans les démarches interdisciplinaires les plus engagées, le mode de régulation de l'activité académique et, partant, les visées des chercheurs demeurent fondamentalement disciplinaires (voir *Champ et Évaluation par les pairs*).

Le second problème concerne l'importance réelle des projets interdisciplinaires dans le monde savant. Alors qu'une croissance brusque et récente semblerait confirmer le poids de demandes sociales d'une nouvelle nature, une progression plus modeste présenterait plutôt l'interdisciplinarité comme une modalité parmi d'autres des reconfigurations internes qu'opère le champ scientifique de son propre mouvement. Certaines mesures, comme le décompte des occurrences des mots « interdisciplinarité » ou « multidisciplinarité » dans les revues savantes, soutiennent la première hypothèse. Les analyses fondées sur la distribution des références et des citations sont toutefois plus nuancées. Une étude de Porter et Rafols a présenté une hausse importante de la diversité disciplinaire des références et citations entre 1975 et 2005, mais nuance le tout en montrant que cette interdisciplinarité est surtout le fait de disciplines très proches les unes des autres. Ce résultat peut ainsi être diversement interprété, comme les premières secousses d'une évolution lente vers plus d'interdisciplinarité ou comme une itération parmi d'autres d'un phénomène de spécialisation aux racines d'abord disciplinaires.

Enfin, ce constat pose un troisième problème, celui des retombées de l'interdisciplinarité pour les chercheurs concernés. S'il est établi que la collaboration interdisciplinaire exige des chercheurs un investissement supplémentaire en temps et en énergie, ainsi que des compromis sur le plan de la formulation des questions de recherche, les conséquences de cette collaboration sur la production et l'impact scientifique des chercheurs demeurent mal connues. Certaines études bibliométriques ont montré que l'interdisciplinarité était, en moyenne, liée à un plus faible impact scientifique, mais d'autres travaux expliquent ce résultat par les décalages entre les pratiques de citation de différentes disciplines (voir *Bibliométrie et Citation*). Par exemple, les articles de

physique citant des recherches du domaine médical, à haute intensité de citation, seront plus cités que la moyenne des articles de physique, alors que ceux qui citent du génie, domaine à faible intensité de citation, le seront moins. Bref, la mesure réelle des racines concrètes, du rayonnement et de l'attractivité, pour les chercheurs, de l'interdisciplinarité qui se fait reste encore à établir.



- Abbott, A. (2001), *Chaos of Disciplines*, Chicago University Press.
- Braun, T. et A. Schubert (2003), « A Quantitative View of the Coming of Age of Interdisciplinarity in the Sciences, 1980-1999 », *Scientometrics*, vol. 58, n° 1, p. 183-189.
- Bromme, R. (2000), « Beyond One's Own Perspective: The Psychology of Cognitive Interdisciplinarity », dans P. Weingart et N. Stehr (dir.), *Practising Interdisciplinarity*, University of Toronto Press, p. 115-133.
- COSEPUP (2004), *Facilitating Interdisciplinary Research*, Washington, D.C., The National Academies Press.
- Frodeman, R., J. Thompson Klein et C. Mitcham (2010), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, Oxford University Press.
- Gibbons, M., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott et M. Trow (1994), *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Londres, Sage Publications.
- Klein, J. T. (1990), *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, Detroit, Wayne State University Press.
- Larivière, V. et Y. Gingras (2006), « On the relationship between interdisciplinarity and scientific impact », *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 61, n° 1, p. 126-131.
- OCDE (1998), *Interdisciplinarity in Science and Technology*, Paris, OCDE.
- Porter, A.L. et I. Rafols (2009), « Is Science Becoming More Interdisciplinary? Measuring and Mapping Six Research Fields Over Time », *Scientometrics*, vol. 81, n° 3, p. 719-745.
- Rinia, E. J., Th. N. van Leeuwen et A. F. J. van Raan (2002), « Impact measures of interdisciplinary research in physics », *Scientometrics*, vol. 53, n° 2, p. 241-248.
- Van Raan, A.F.J. (2000), « The Interdisciplinary Nature of Science: Theoretical Framework and Bibliometric Empirical Approach », dans P. Weingart et N. Stehr (dir.), *Practising Interdisciplinarity*, University of Toronto Press, p. 66-78.
- Weingart, P. (2000), « Interdisciplinarity: The Paradoxical Discourse », dans P. Weingart et N. Stehr (dir.), *Practising Interdisciplinarity*, University of Toronto Press, p. 25-41.

## Internationalisation de la R-D

*Jorge Niosi*

La recherche industrielle a commencé à s'internationaliser dès les premières décennies du 20<sup>e</sup> siècle par le truchement des activités des entreprises multinationales (EMN). Pourtant, la phase de grande expansion des activités internationales de R-D que nous connaissons a pris naissance après la Deuxième Guerre mondiale, sous l'effet combiné de la forte croissance de la R-D universitaire et industrielle et de la mondialisation accélérée de l'économie (voir *Invention et innovation*).

Mais il n'y a pas que l'intensité de l'internationalisation qui ait changé : ses modèles ont subi des transformations importantes. Ainsi, avant la Deuxième Guerre mondiale ainsi que dans l'immédiat après-guerre, les entreprises multinationales bâtissaient des centres de R-D outremer pour transférer la technologie qu'elles avaient développée pour leur marché interne et l'exploiter ailleurs (voir *Clivage technologique*). La véritable R-D était cantonnée au centre (notamment aux États-Unis), au lieu du siège social, tandis que les unités expatriées jouaient un rôle auxiliaire : il s'agissait d'unités de transfert de technologie, avec quelques activités de modification pour adapter la technologie au marché local du pays récepteur. Les voitures produites en Amérique latine ou en Asie par des entreprises américaines ou européennes, par exemple, étaient rendues plus simples et moins coûteuses. Cependant, comme une certaine convergence rapprochait l'Europe occidentale, le Canada, le Japon et les États-Unis, les EMN commencèrent à internationaliser leurs activités selon d'autres modèles. Certaines entreprises ont adopté un modèle décentralisé, où diverses filiales exécutaient de la R-D pour leurs propres lignes de produits. D'autres sociétés avaient des laboratoires centraux pour faire de la R-D sur des lignes futures de produits, et diverses unités de développement technologique dans différents marchés outremer. IBM et Nortel avaient adopté ces modèles. De manière sommaire, Kuemmerle qualifie de « stratégie d'exploitation à l'étranger de la technologie propre » celle qui a prédominé avant les années 1960, et qualifie de « stratégie d'apprentissage et d'exploration technologiques » la stratégie qui s'est imposée depuis ce temps.

Les entreprises évaluent les arguments pour et contre l'internationalisation de leurs activités de R-D. Les arguments pour la centralisation près du siège social sont solides : l'indivisibilité de bien des activités de R-D milite en faveur des grands laboratoires centraux ; les liens avec les gouvernements du pays où siège la maison-mère sont généralement plus solides qu'avec les pays hôtes ; les risques de nationalisation et d'imitation de la technologie sont plus élevés dans des pays étrangers. Par contre, les facteurs favorables à l'expatriation des activités de R-D sont également puissants : les marchés étrangers, en particulier ceux des pays émergents, croissent plus rapidement que ceux des pays de l'OCDE ; la scolarisation de la main-d'œuvre y augmente aussi, les grands bassins de travailleurs hautement qualifiés ne se trouvant plus uniquement dans les pays du Nord. Les projets nécessitant de grandes contributions publiques – comme le design de nouveaux avions – sont risqués et dépassent souvent les capacités de financement des pays les plus riches, tandis que mettre à contribution des pays comme la Chine, l'Inde et le Brésil exige d'y installer des activités de R-D et de sous-traiter des activités technologiques (voir *Financement de la science*). La recherche d'idées nouvelles pousse également les entreprises à internationaliser leurs activités de R-D. Cantwell et Zhang ont montré que les entreprises cherchent à avoir des laboratoires expatriés dans les pays qui sont considérés comme les chefs de file dans une industrie : l'Allemagne attire ainsi la R-D de l'industrie chimique, tandis que les États-Unis attirent les activités innovantes des entreprises dans les technologies de l'information et des communications (voir *Systèmes d'innovation*).

La R-D industrielle n'est pas la seule à s'internationaliser. La recherche universitaire le fait aussi (voir *Université et Territoires et sciences*). En témoignent les chiffres sur la croissance du volume d'articles écrits par des auteurs de pays différents. Entre 1988 et 2007, l'Union européenne a multiplié les articles écrits en coopération internationale, qui passent de 22 % à 50 % de tous les articles publiés en science et génie ; en 2007, 30 % des articles signés par des auteurs américains avaient des coauteurs étrangers, contre 10 % en 1988. L'Inde et le Japon ont connu des augmentations semblables ; seule la Chine n'a connu qu'une augmentation modeste de l'internationalisation de ses activités de recherche universitaire, visible dans une proportion de

22 % à 25 % d'articles pendant la même période. Il est possible que les barrières linguistiques et la taille du pays soient des obstacles difficiles à franchir pour bien des universitaires chinois. En utilisant une méthodologie légèrement différente, Engels et Ruschenburg ont montré que le pourcentage des articles écrits par des auteurs d'un seul pays avait diminué considérablement entre 1993 et 2002 et que les articles ayant des auteurs de pays multiples avaient augmenté. Les facteurs qui favorisent cette collaboration internationale sont l'accès à des ressources étrangères (données, équipements, talents), la stimulation mutuelle, la possibilité de publier dans de meilleures revues (voir *Facteur d'impact*), et la possibilité d'ouvrir une fenêtre sur le monde universitaire d'autres pays, comme les États-Unis et, de plus en plus, la Chine.



Cantwell, J. (1989), *Technological Innovation and Multinational Corporations*, Oxford, Basil Blackwell.

Cantwell, J. et Y. Zhang (2011), « Innovation and location in the multinational firm », *International Journal of Technology Management*, vol. 15, n° 1, p. 29-68.

Engels, A. et T. Ruschenburg (2008), « The uneven spread of global science: international collaboration in global environmental change research », *Science and Public Policy*, vol. 35, n° 5, p. 347-360.

Kuemmerle, W. (1999), « The drivers of foreign direct investment into research and development: an empirical investigation », *Journal of International Business Studies*, vol. 30, n° 1, p. 1-24.

National Science Foundation (2010), *Science and Engineering Indicators*, Washington, National Academies Press.

Niosi, J. (1999), « The Internationalization of Industrial R&D: From Technology Transfer to the Learning Organization », *Research Policy*, vol. 28, n°s 2-3, p. 107-117.

Ronstadt, R. (1984), « R&D abroad by US multinationals », dans R. Stobaugh et L. T. Wells Jr (dir.), *Technology Crossing Borders*, Boston, Harvard Business School Press, p. 157-176.

## Inventeurs

*Jean-Louis Trudel*

L'inventeur individuel n'est plus. L'invention est maintenant comprise comme un acte collectif puisque la démarche novatrice peut se décomposer en étapes distinctes, de l'idéation à la réalisation, tandis que son

résultat ne se résume plus à un objet unique, complet et suffisant dès son apparition. Elle n'est pas séparable de ce qui la prépare en amont (projets, ébauches, découvertes scientifiques) ou des perfectionnements successifs qui s'enchaînent en aval, nourris par les préférences des usagers ou des savoir-faire complémentaires (voir *Diffusion de la technologie*). Plurielle et malléable, elle est le fait d'une communauté et ce sont les inventeurs dans leur ensemble que les spécialistes étudient en tant que groupe social.

Pourtant, l'inventeur solitaire a été honoré pendant des siècles. Si les premiers inventeurs – du feu, de la pierre taillée, de la domestication – restent inconnus, leurs successeurs ont joui d'une reconnaissance publique dont l'ampleur moderne (constatée pour Edison comme pour Jobs) s'enracine dans l'Antiquité. L'inventeur était alors un personnage héroïque, émule de Prométhée et bienfaiteur de l'humanité. L'*Histoire naturelle* de Pline l'Ancien attribue plus d'une invention à telle ou telle déité, de même qu'à des fils de Saturne, Jupiter ou Mars, et précise que Cères a été divinisée pour son *inventio* de la culture du blé.

La Renaissance renoue avec cette tradition en voulant honorer les responsables des nouvelles inventions, mais la paternité du procédé technique inédit prend aussi une valeur commerciale, d'abord dans le contexte des guildes et corporations médiévales, puis sous la forme des privilèges exclusifs accordés par des États européens aux innovateurs. Une loi vénitienne de 1474 énonce les principes du brevet d'invention. Lorsque les systèmes de brevets se généralisent pendant la Révolution industrielle, ils confirment le rôle de l'inventeur (voir *Brevets et propriété intellectuelle*).

Au 19<sup>e</sup> siècle, l'inventeur entre dans le panthéon des gloires nationales. En Europe, il est concurrencé par les grands entrepreneurs, les savants ou les auteurs. Aux États-Unis, toutefois, les Fulton, Morse et Bell sont portés aux nues par une culture techniciste qui s'enthousiasme pour les exploits du « sorcier de Menlo Park ».

La fondation des premiers laboratoires consacrés à la recherche annonce pourtant l'effacement de l'inventeur solitaire (voir *Invention et innovation*). Les économies industrialisées lui font de moins en moins de place. La conception même de la recherche et du développement évacue le défi de l'invention et présuppose des finalités connues. Les ingénieurs sont formés non à exercer leur inventivité, mais à analyser un système

technique afin de l'améliorer. Les laboratoires industriels des compagnies établies se soucient d'abord de protéger leur pré carré, tandis que les *start-ups* se préoccupent surtout du lancement d'un produit concret. Le travail en équipe suffit à engendrer les perfectionnements et les variantes techniques qui intéressent les grandes compagnies, privant les inventeurs indépendants d'un important débouché. En 1931, les corporations engrangent plus de brevets aux États-Unis que les inventeurs indépendants. En 1940, le bureau du recensement aux États-Unis élimine la profession d'inventeur de sa liste d'occupations.

Les inventeurs se fondent dès lors dans une catégorie indifférenciée qui mêle entrepreneurs, détenteurs de brevets et bricoleurs du dimanche. Comme activité, l'invention est tenue pour acquise, traitée comme une boîte noire ou réduite à un processus qu'un logiciel peut reproduire – en 2005, les États-Unis accordent un premier brevet à une invention conçue par les algorithmes évolutionnaires de la programmation génétique. L'éthologie a même revendiqué pour certains animaux la capacité d'inventer que la sociologie occulte chez les humains.

La personnalité des inventeurs conserve néanmoins sa pertinence explicative. Pétrie d'ingéniosité, de persévérance et d'optimisme, elle se caractérise par un opportunisme aussi flexible qu'adaptable, doublé d'un impitoyable sens critique. Ces traits n'excluent nullement les collaborations, qui bénéficient de la diversité des points de vue et des expériences de chacun. Si l'inspiration est forcément individuelle, à la croisée du savoir scientifique et du savoir-faire pratique, elle peut s'enrichir de celle des autres et profiter d'une adroite division du travail collectif. C'est en conciliant ces contraires que les inventeurs, qu'ils soient entrepreneurs schumpétériens, intrants économiques, acteurs latouriens, ingénieurs hétérogènes ou parties prenantes de cadres technologiques, continuent à créer notre monde (voir *Sociologie des sciences*).



Bijker, W. E. (1995), *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge (MA), MIT Press.

Committee for Study of Invention (2004), *Invention : Enhancing Inventiveness for Quality of Life, Competitiveness, and Sustainability*, Lemelson-MIT Program et National Science Foundation.

Gilfillan, S. C. (1935), *The Sociology of Invention. An Essay in the Social Causes of Technic Invention and Some of Its Social Results; Especially as Demonstrated in the History of the Ship*, Follett Publishing Company.

Long, P. O. (2001), *Openness, Secrecy, Authorship. Technical arts and the Culture of Knowledge from Antiquity to the Renaissance*, Johns Hopkins University Press.

Schumpeter, J. (1934), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Harvard University Press.

## Invention et innovation technologique

*Petr Hanel et L. Martin Cloutier*

L'invention est la création et la démonstration d'un concept ou d'une idée sous la forme d'un produit (objet) ou procédé nouveau ou amélioré, rendu possible grâce à la combinaison de nouvelles connaissances ou de connaissances existantes. Bien qu'elle puisse être motivée par les besoins d'utilisateurs, une invention se matérialise en marge de tout aspect commercial, dans le but de satisfaire un besoin intellectuel de comprendre ou par simple curiosité (voir *Inventeur*). Certaines inventions peuvent être radicales et satisfaire un besoin d'une manière totalement unique et nouvelle, plutôt qu'incrémentale. Parfois, l'utilité d'une invention ne devient apparente que des années suivant sa création. Les inventions peuvent définir de nouveaux contours ou établir de nouvelles possibilités pour l'activité humaine (voir *Objet technique*). Théoriquement, si elles respectent certains critères de nouveauté, parfois établis différemment selon les juridictions, les inventions peuvent alors être brevetées, et ainsi les droits de propriété de ses inventeurs s'en trouvent légalement protégés (voir *Brevets et propriété intellectuelle*).

En contraste avec l'invention qui consiste en la création et démonstration d'un concept ou d'une idée de produit ou de procédé nouveau ou amélioré, réalisable et d'utilité pratique, l'innovation est l'introduction d'un nouveau produit, procédé ou système dans les activités commerciales ou sociales habituelles d'une entreprise.

Pour qu'une invention devienne une innovation, une « preuve de concept » (*proof of concept*, ou démonstration de faisabilité) est nécessaire. En effet, l'invention doit satisfaire de nombreux critères (technologiques, économiques et commerciaux, légaux), permettant ainsi de

réaliser une valeur économique de commercialisation. Il est généralement accepté qu'une très faible proportion des inventions donnera lieu à des innovations (voir *Gestion de la technologie*).

Nous devons à Schumpeter l'analyse de l'innovation comme source du développement économique (voir *Économie, science et technologie*). Dans sa conception, le capitalisme peut seulement être compris comme un processus continu d'innovation et de « destruction créative ». Les innovations « radicales », typiquement l'œuvre d'entrepreneurs et source de leur richesse personnelle, façonnent les grandes mutations du monde, alors que les innovations « incrémentales », souvent le résultat de la R-D routinière, alimentent de manière continue le processus de changement. Les deux types d'innovation sont complémentaires et dépendent de l'état des connaissances scientifiques. L'environnement institutionnel, les politiques et les organisations créent un système national, régional et sectoriel plus ou moins favorable à l'innovation (voir *Systèmes d'innovation*).

Depuis vingt ans, la plupart des agences statistiques mesurent l'activité d'innovation (voir *Système statistique national*). Le *Manuel d'Oslo*, produit par l'OCDE, définit l'innovation et recommande la méthodologie de collecte de données sur les divers aspects de l'innovation. Le manuel est implicitement fondé sur le modèle dit interactif de l'innovation. On considère qu'une entreprise a introduit une innovation dans le secteur des entreprises (qui comprend le secteur de l'industrie et des services) si elle a introduit sur le marché un produit (bien ou service) ou un procédé de production nouveau ou amélioré du point de vue « technologique ». Les produits et procédés nouveaux du point de vue technologique peuvent aussi inclure les changements organisationnels nécessaires à leur réalisation, voire l'établissement de nouveaux modèles d'affaires. Pour être prise en compte, la nouveauté de l'innovation doit être évidente sur le plan des caractéristiques objectives, mesurables; les modifications qui font appel à des préférences subjectives, esthétiques ou autres, ne se qualifient pas comme innovations. L'impact économique d'une innovation se matérialise par la diffusion de l'innovation (voir *Diffusion de la technologie*).



- Freeman, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, Pinter.
- Kline, S. J. et N. Rosenberg (1986), « An Overview of Innovation », dans R. Landau et N. Rosenberg (dir.), *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academy Press, Washington, D.C., p. 275-305.
- Lundquist, G. (2003), « A rich vision of technology transfer, technology value management », *Journal of Technology Transfer*, vol. 28, n° 3-4, p. 265-284.
- Markham, S. K., S. J. Ward, L. Aiman-Smith et A. I. Kingon (2010), « The valley of death as context for role theory in product innovation », *Product Development & Management Association*, vol. 27, n° 3, p. 402-417.
- OCDE (2005), *Manuel d'Oslo : Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*, 3<sup>e</sup> édition.
- Rosenberg, N. (1994), *Exploring the Black Box: Technology, Economics and History*, Cambridge University Press.
- Schumpeter, J. (1939), *Business Cycles, A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw Hill.

## Lois scientifiques

*Frédéric Bouchard*

Le terme « loi » est au cœur de l'histoire des sciences. Ainsi, Newton, dans un effort de mathématisation du monde naturel, postula trois lois du mouvement (« *axiomata sive leges motus* ») et une grande partie du développement de la physique a consisté dans la recherche de telles lois de la nature. On parle, par exemple, de la loi de la chute des corps de Galilée. Mais le désir de découvrir les lois universelles de la nature ne se confine pas à la physique. En fait, la plupart des disciplines scientifiques (que l'on parle des sciences naturelles ou des sciences sociales) ont proposé, à un moment ou un autre de leur histoire, des énoncés identifiés comme des lois (voir *Discipline et Paradigme*).

Pour bien comprendre la spécificité de la démarche scientifique, il est donc essentiel de comprendre et d'analyser l'usage du terme « loi ». Pour diverses raisons, la philosophie des sciences est la discipline vouée à l'étude des sciences qui a montré le plus grand intérêt pour l'analyse du concept de loi (voir *Philosophie des sciences*).

Pendant une grande partie de l'histoire des sciences (en gros du 16<sup>e</sup> siècle au milieu du 19<sup>e</sup> siècle) la démarche scientifique expérimentale ou théorique a servi de base à la « philosophie de la nature ». Ainsi,

durant cette période, toute démarche métaphysique (s'interrogeant sur ce qu'est fondamentalement le réel au-delà de notre expérience de tous les jours) mobilisait l'appareillage théorique et expérimental de la méthode scientifique naissante et, inversement, toute découverte scientifique expérimentale suggérait une vérité plus profonde sur le fonctionnement même de l'univers. Ceci est évident chez Newton et Leibniz (pour lesquels métaphysique, cosmologie, mathématique et observations se trouvent intimement liées), et reste vrai pour la plupart des scientifiques de cette période. Or, la plupart des « philosophes de la nature » présumaient que l'univers était régi par des lois universelles : le monde naturel était gouverné par une forme de nécessité qui expliquait les régularités observées dans l'expérience de tous les jours. Ainsi, l'invention et la formalisation de lois scientifiques signifiaient en fait la découverte et la mise en forme de « lois de la nature » (d'origine divine ou non) en leur efficence causale. Une grande partie du développement de la philosophie moderne s'est donc fait en parallèle à la recherche de lois de la nature. Pendant quelques siècles, la notion de loi et la formulation de lois n'ont donc pas constitué des objets externes à la philosophie, mais ont fait partie intégrante de cette discipline.

Outre cette explication généalogique, la philosophie des sciences a trouvé au 20<sup>e</sup> siècle une autre raison de focaliser ses efforts sur la notion de loi scientifique. Le 19<sup>e</sup> siècle postkantien avait vécu l'effervescence d'une métaphysique que l'on peut qualifier de spéculative. Ainsi, contrairement à la philosophie de la nature des siècles précédents, la métaphysique et les développements positifs et expérimentaux des sciences étaient devenus des projets indépendants (du moins du point de vue de la philosophie académique). La métaphysique divorçait ainsi complètement de ce que la science (surtout empirique) pouvait offrir. Le rejet philosophique de celle-ci s'inspirait de l'idée que l'observation induisait en fait à l'erreur par rapport à la vérité constitutive du réel. La philosophie allemande de la fin du 19<sup>e</sup> et du début du 20<sup>e</sup> siècle était dominée par cette métaphysique spéculative. Or, plusieurs philosophes de mouvance empiriste (thèse selon laquelle seule l'expérience sensible est garante de connaissance justifiée, souvent opposée au rationalisme) s'inscrivirent en faux contre ce courant et en proposèrent un autre, nommé positivisme puis empirisme logique, qui en vint à dominer la philosophie des sciences anglo-saxonne. Pour ces philo-

sophes (comme Carnap, Reichenbach ou Hempel), la métaphysique spéculative n'est pas en mesure d'offrir des connaissances justifiées et la philosophie devrait donc consacrer tous ses efforts à dévoiler les relations logiques entre les énoncés fournis par la science qui, elle seule, par sa méthode empirique, est en mesure d'offrir des connaissances sur le réel de manière justifiée. Hempel a proposé l'une des théories les plus influentes concernant la spécificité de l'explication scientifique. Dans son approche déductive-nomologique (*nomos* signifie « loi » en grec), toute bonne explication scientifique devrait être traduisible sous la forme d'un syllogisme déductif où la loi scientifique serait l'énoncé universel qui sous-tend l'argument meublé par les énoncés empiriques particuliers. Ainsi, seules les explications scientifiques fondées sur des lois universelles auraient un statut explicatif certain. Ces lois devraient être universelles, capables de corroborer des contrefactuels, ne pas être tautologiques (ce qui implique qu'elles ont un contenu empirique) et être cohérentes avec nos autres théories les mieux établies.

En fait, l'existence de lois universelles garantirait la cohérence logique interne à une théorie scientifique. Cette cohérence ainsi que l'aspect déductif de l'explication scientifique expliqueraient la supériorité épistémique de la science comme source de connaissance par rapport à d'autres types de connaissances qui ne peuvent se fonder sur des lois. La recherche de lois est donc passée du statut d'idéal régulateur en science à celui de nécessité épistémique pour le philosophe des sciences, du moins jusqu'à la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle. Ce consensus large commença à s'effriter à partir des années 1960 : plusieurs décrièrent la capacité d'une approche nomologique à décrire l'activité réelle de la plupart des scientifiques. Cette mouvance mena plusieurs philosophes des sciences à adopter une approche fondée sur la description des modèles plutôt que des lois scientifiques (voir *Modèles scientifiques et Théories scientifiques*).



Carroll, John W. (2012), « Laws of Nature », *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (dir.), <http://plato.stanford.edu/archives/spr2012/entries/laws-of-nature/>.

Godfrey-Smith, Peter (2003), *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*, University of Chicago Press.

Hempel, Carl G. (2012), *Éléments d'épistémologie*, trad. B. Saint-Sernin, Paris, Armand Colin.

## Médias et technologie

*Serge Proulx*

Dans son acception la plus courante, *média* désigne le « moyen de diffusion » ou le « moyen de communication » que des agents utilisent dans différents types de situations: soit ils souhaitent transmettre des informations sur un mode personnel ou organisationnel (diffusion d'information); soit ils cherchent à convaincre autrui (argumentation); soit ils veulent échanger et interagir symboliquement avec autrui (communication). Lorsqu'il s'agit de diffusion de masse, le média remplit d'abord une fonction de transmission d'information. Dans les situations de communication interpersonnelle, le média se présente comme un dispositif de médiation qui conditionne (contraint, rend possible) les interactions entre les interlocuteurs (voir *Déterminisme technologique*). Le terme « média » peut enfin recouvrir des entités naturelles telles que le langage: par exemple, le choix des mots ou l'usage de métaphores spécifiques dans les conversations sont fortement connotés et liés à la biographie de l'interlocuteur, à ses expériences individuelles et sociales passées, à ses appartenances culturelles, à son ancrage socioéconomique.

Plus généralement, « médias » au pluriel renvoie à une série de moyens techniques utilisés dans les pratiques de communication et/ou de diffusion depuis le 19<sup>e</sup> siècle: presse, photographie, cinéma, téléphone, radio, télévision, Web, etc. Au 20<sup>e</sup> siècle, les expressions « communication de masse » et « médias de masse » ont été utilisées pour rendre compte des phénomènes d'industrialisation de la communication et de la culture. La notion de *mass media* recouvre un modèle unilinéaire de diffusion de masse où un petit nombre de grands réseaux diffusent le même type de messages à des grands groupes d'auditeurs ou de téléspectateurs qui peuvent être répartis sur de vastes territoires géographiques. Pour désigner ces instances de réception en situation de communication de masse, les analystes parlent des « audiences » (auditoires définis à partir de statistiques d'écoute fondées sur la présence ou l'absence des destinataires devant le poste) par opposition aux « publics » (ces derniers ayant une conscience réflexive de leur existence en tant que publics).

Dans les années 1940 et 1950, les sociologues regroupés autour de Paul Lazarsfeld à l'Université Columbia de New York, ont étudié

les contenus véhiculés (messages) par les médias (presse et radio) et l'influence de la diffusion de ces contenus sur les attitudes et comportements des individus et des groupes (sur leurs décisions en matière électorale et dans le domaine de la consommation). Ces chercheurs ont mis en évidence des mécanismes de filtrage dans les processus d'influence où des leaders d'opinion jouaient un rôle d'intermédiaires dans le processus d'influence personnelle (*two-step flow*). Cette approche des chercheurs de Columbia, appelée aussi « paradigme des effets limités », s'est imposée dans les milieux universitaires pendant près d'un demi-siècle, en rupture avec les perspectives qui attribuaient un pouvoir manipulateur aux médias (effets directs). Pendant les années 1960, le chercheur canadien Marshall McLuhan, en introduisant le slogan « The Medium is the Message », a contribué à une redécouverte de la portée du *medium* dans les situations de communication. Il suggérait de considérer les médias comme des « extensions de l'homme », c'est-à-dire le prolongement technique de l'humain permettant de construire la réalité à partir de nouveaux rapports entre les sens contraints par le média.

À compter des années 1970, le paysage médiatique se transforme progressivement en raison de l'arrivée de plus en plus massive des technologies de l'information et de la communication (TIC) : câble, satellite, Minitel, micro-informatique, télématique, Internet, etc. (voir *Réseau socionumérique*). La question de la technologie comme élément structurant des rapports de communication devient l'objet de plusieurs nouveaux courants de recherche. La décennie 1980 voit ainsi émerger trois courants de recherches interdisciplinaires : l'étude des « interactions humain-machine » (*human computer interaction*, HCI), l'étude du travail coopératif s'appuyant sur l'informatique (*computer supported cooperative work*, CSCW) et enfin, le champ de la « communication médiatisée par ordinateur » (*computer-mediated communication*, CMC). C'est ce dernier domaine d'étude qui aura les répercussions les plus importantes pour le champ de la sociologie des techniques de communication et qui aboutira en 1999, sous l'impulsion du chercheur américain Steve Jones, à la création de l'Association of Internet Researchers (AoIR) et à la naissance des *Internet Studies*. Les perspectives d'analyse iront en se multipliant : elles sont devenues hétérogènes du point de vue des problématiques abordées, plus complexes quant aux stratégies méthodologiques mobilisées, et davantage interdisciplinaires.



- Abbate, J. (1999), *Inventing the Internet*, Cambridge, MIT Press.
- Breton, P. et S. Proulx (2012), *L'explosion de la communication. Introduction aux théories et aux pratiques de la communication*, 4<sup>e</sup> édition, Paris, La Découverte, coll. « Grands Repères ».
- Eisenstein, E. (1979), *The Printing Press as an Agent of Change: Communications and Cultural Transformations in Early Modern Europe*, Cambridge University Press.
- Jauréguiberry, F. et S. Proulx (2011), *Usages et enjeux des technologies de communication*, Toulouse, Érès.
- Jones, S. G. (dir.) (1999), *Doing Internet Research. Critical Issues and Methods for Examining the Net*, Londres, Sage Publications.
- McLuhan, M. (1964), *Understanding Media: The Extensions of Man*, New York, McGraw-Hill.
- Ong, W. (1982), *Orality and Literacy: The Technologizing of the Word*, Londres, Methuen.
- Thompson, J. B. (1995), *The Media and Modernity. A Social Theory of the Media*, Cambridge, Polity Press.
- Thurlow, C., L. Lengel et A. Tomic (2004), *Computer Mediated Communication: Social Interaction and the Internet*, Londres, Sage Publications.
- Wellman, B. (2004), « The Three Ages of Internet Studies: Ten, Five and Zero Years Ago », *New Media and Society*, vol. 6, n° 1, p. 123-129.

## Migration conceptuelle

*Frédéric Bouchard et François Duchesneau*

« Migration conceptuelle » n'est pas (encore) une expression consacrée en STS. L'expression, qu'on voit apparaître périodiquement autant en philosophie qu'en histoire et en communications, évoque intuitivement l'étude d'un concept hors de son contexte original d'émergence (parfois compris comme « *borrowed knowledge* »). Cet horizon général reflète une nouvelle perspective pour l'épistémologie des sciences (voir *Épistémologie*). L'idée de migration conceptuelle se veut une manière de penser la navigation entre le Charybde d'une approche épistémologique complètement désincarnée du contexte d'introduction et d'opération des énoncés scientifiques, et le Scylla d'une approche qui voit le contexte comme étant le seul objet digne d'étude et pour qui les théories n'auraient aucune valeur épistémique hors de ce contexte. L'approche féconde à encourager en épistémologie est bien sûr entre les deux (voir *Histoire des sciences*).

La philosophie des sciences de tradition anglo-saxonne a beaucoup étudié la structure logique des théories scientifiques, puis le rôle épistémique des modèles utilisés en science. Ces analyses se déployaient la plupart du temps de manière anhistorique dans la mesure où cette structure, bien qu'ayant un contexte de découverte historiquement déterminé, offrait un contexte de justification (logique) qui devrait être relativement imperméable à l'épreuve du contexte sociologique et historique (voir *Théorie scientifique*). Cette approche logiciste de l'étude des sciences fut largement remise en question par les philosophes eux-mêmes, mais surtout par les autres approches en STS qui soulignèrent l'absurdité de divorcer le contexte de découverte du reste du processus d'exploration scientifique. Cette critique, légitime, mena toutefois à d'autres excès : l'étude de la structure logique des théories ainsi que l'étude des dépendances conceptuelles entre divers modèles scientifiques furent négligées par l'épistémologie des sciences non philosophique.

Présumons de manière provisoire que les théories et modèles scientifiques visent à offrir une description du réel qui, lorsqu'accompagnée de corroboration empirique, offre une caractérisation du monde naturel ayant une certaine autorité épistémique (voir *Science*). Ceci ne veut pas dire que les autres modes d'acquisition de connaissance sont sans valeur, mais seulement qu'il est plus ardu d'offrir des justifications épistémiques pour l'autorité de ces énoncés. Si on accepte cette idée, alors l'étude de la structure conceptuelle des théories et des modèles scientifiques est essentielle pour comprendre la justification épistémique des énoncés. Ceci offre une justification de base pour la nécessité de l'étude des concepts invoqués en science et constitue la pierre d'assise du travail de plusieurs épistémologues et philosophes des sciences. Toutefois, ces concepts et surtout leurs utilisations ne sont ni purs ni statiques. Qui s'approprie ces concepts ? Comment ? À quelles fins ? Ces questions furent largement négligées par plusieurs philosophes, mais prises au sérieux par les sociologues, les historiens et d'autres épistémologues. La perspective de la migration conceptuelle se concentre sur l'étude de la logique des théories tout en tenant compte de l'aspect dynamique et social de l'internalisation de cette logique. L'étude des processus de migration conceptuelle permettrait ainsi aux épistémologues de divers horizons de se rejoindre.

La migration conceptuelle peut être envisagée de deux manières. On peut d'une part constater que les concepts se « déplacent » de manière *verticale* à l'intérieur des champs disciplinaires. Les concepts sont alors transformés à l'intérieur des disciplines, mais sont souvent maintenus plutôt que remplacés pour diverses raisons (pour assurer la cohérence d'un champ, à cause de la mécompréhension de la nouveauté d'une découverte, etc.). Un exemple frappant est la notion de gène, qui se transforma radicalement en passant du concept pensé par Mendel au 19<sup>e</sup> siècle à la notion de gène moléculaire issue des travaux de Watson et Crick sur la structure de l'ADN au milieu du 20<sup>e</sup> siècle. L'étude de la réduction d'une théorie à une autre offre aussi un exemple d'étude de migration conceptuelle, migration conditionnée par des facteurs logiques et sociaux. Lorsque les réductions inter-théoriques échouent, on peut y voir des migrations conceptuelles plus radicales : les changements de paradigme seraient alors des migrations conceptuelles d'une plus grande ampleur, allant jusqu'à l'abandon des concepts d'origine (voir *Paradigme et Discipline*).

Les concepts migrent aussi de manière *horizontale*, lorsque deux champs connexes, mais non apparentés, empruntent, échangent et adaptent des concepts étrangers. Pensons par exemple à l'emprunt de la caractérisation darwinienne de la sélection naturelle et de son adoption par certains économistes pour décrire les processus d'innovation et la domination de certains marchés. Ces migrations ont souvent un rôle qui relève plus de l'analogie ou de la métaphore et jouent un rôle heuristique plutôt que démonstratif. Mais elles jouent parfois le rôle d'une grille d'analyse universelle, où l'on relativise la spécificité d'un phénomène particulier à l'aune d'une théorie plus générale : par exemple, par la proposition d'un darwinisme universel opérant autant et de la même manière sur le plancton que sur les sociétés à actions. L'étude de ces migrations est nécessairement sociologique, historique et philosophique, car nous devons comprendre quelles sont les propriétés des contextes qui rendent possibles ces appropriations de concepts, tout en étudiant également en quoi les modifications conceptuelles nécessaires à cette appropriation modifient la structure logique des théories et des modèles d'accueil.

L'idée de migration conceptuelle permet donc d'envisager en quoi la philosophie, l'histoire et la sociologie peuvent se rejoindre dans leurs

méthodes et intérêts. Cette perspective permet de rendre compte du fait que les théories, modèles et concepts ont une structure logique propre, dont l'étude a une valeur épistémique intrinsèque et relativement indépendante du contexte, tout en reconnaissant que les translations et appropriations de concepts se font de manière dynamique et ne peuvent pas être étudiés de manière purement logique. Les milieux d'acquisitions de ces concepts surdéterminent les choix conceptuels, mais aussi les transformations apportées aux concepts. Bref, réfléchir en termes de migrations conceptuelles semble promettre un juste milieu aux études STS, entre un réalisme naïf qui réifie l'importance des théories et modèles scientifiques et un relativisme absolu où la structure de ces concepts n'a aucune valeur épistémique propre, indépendante des agents qui les manipulent. Les concepts ont une certaine existence en science et c'est aux épistémologues de les identifier et d'étudier les conditions, entre autres sociales et logiques, de leurs migrations.



Gingras, Yves (2013), *Sociologie des sciences*, Paris, PUF.

Godfrey-Smith, Peter (2003), *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*, University of Chicago Press.

Kellert, Stephen H. (2008), *Borrowed Knowledge: Chaos Theory and the Challenge of Learning Across Disciplines*, University of Chicago Press.

## Modèles scientifiques

*Frédéric Bouchard*

La philosophie des sciences a accordé un rôle épistémique primordial aux lois en sciences durant la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle. Cette priorité était fondée sur une perspective logiciste de la démarche scientifique. Ainsi, les énoncés théoriques devaient être formalisables comme énoncés logiques reliés de manière déductive à des énoncés au contenu empirique. Pour que le syllogisme déductif soit possible pour une explication particulière, un de ces énoncés théoriques devait avoir la forme d'une loi universelle. L'empirisme logique est le courant philosophique selon lequel cette nécessité de trouver des lois scientifiques universelles est apparue comme une urgence épistémique; il a

dominé la philosophie des sciences pendant plusieurs décennies (voir *Lois scientifiques*).

Ce consensus épistémologique s'est effrité au cours des années 1960. Après le pavé lancé par Thomas Kuhn en 1962, la contingence de l'entreprise scientifique est venue occuper le premier plan (voir *Paradigme et Histoire des sciences*). La description historique ou sociologique des communautés scientifiques semblait plus utile et pertinente pour comprendre la science actuelle que l'analyse de la cohérence logique des théories scientifiques. Ainsi, non seulement le terme « loi » ne devenait-il qu'un des nombreux aspects potentiels d'un paradigme scientifique, mais il en était souvent absent (car plusieurs communautés scientifiques ne sont pas à la recherche de lois). Alors que les philosophes des sciences s'étaient surtout intéressés à la description des théories scientifiques (où les lois jouaient souvent un rôle fondationnel), les descriptions sociologiques et historiques les forcèrent à s'intéresser à la multiplicité, à la diversité et à l'hétérogénéité des pratiques des scientifiques. Or, loin de l'unité de la science avancée par les positivistes et les empiristes, l'hétérogénéité des pratiques scientifiques a contraint les philosophes des sciences à remettre en cause la primauté épistémique des lois dans la démarche scientifique. Ainsi, quand plusieurs paradigmes sont en conflit à l'intérieur même d'une discipline, comment présumer de la validité de lois universelles idéales sous-tendant toutes les explications ? En fait, alors que l'incommensurabilité des paradigmes a fortement inspiré sociologues et historiens des sciences, les philosophes ont continué à privilégier des approches misant sur la cohérence des objets théoriques. Au début des années 1980, plusieurs philosophes ont tenté d'attaquer l'universalité des lois scientifiques tout en continuant d'offrir des descriptions générales et conceptuelles de l'activité scientifique. L'attaque se fit d'abord par la démonstration, par la philosophe Nancy Cartwright, que les lois universelles apparemment les mieux établies, soit les lois de la physique, étaient en fait des énoncés particuliers rendus vrais seulement en excluant une série de faits : toute « loi » ne serait donc qu'un énoncé *ceteris paribus*. Si les lois présumées ne sont ainsi que des caractérisations d'uniformité locale de certains phénomènes ou processus (ce que Hempel ne considérait pas comme des lois mais comme des généralisations accidentelles), un modèle plus idiosyncrasique de l'explication scientifique devient nécessaire. C'est ce

que le philosophe Bas Van Fraassen, entre autres, a suggéré en développant l'idée que la fondation de notre compréhension de la science devait être l'interprétation des modèles utilisés par les scientifiques.

Un modèle est une représentation d'un phénomène ou d'un processus. En physique, les modèles sont la plupart du temps mathématiques, mais ils peuvent aussi prendre une autre forme (matérielle ou picturale par exemple). Or, le modèle lui-même ne contient pas les règles de son interprétation. L'interprétation d'un modèle lui est externe mais nécessaire pour évaluer son utilité ou son adéquation empirique. La nécessité d'une interprétation exogène au modèle a suggéré l'appellation d'approche sémantique de l'explication scientifique, par contraste à une approche syntaxique (par exemple, l'approche déductive-nomologique de Hempel) où la structure logique elle-même impose la structure du raisonnement scientifique. Ainsi, l'approche sémantique dévalue la cohérence logique des énoncés en faveur de l'adéquation d'un modèle à un phénomène jugé à l'aune de notre interprétation du modèle. Par exemple, les modèles mathématiques de la génétique des populations sont interprétés par certains philosophes (comme Mohan Matthen et Denis Walsh) comme n'attribuant pas explicitement un rôle causal à la sélection naturelle alors que d'autres (comme Roberta Millstein) croient que les modèles sont incompréhensibles sans interprétation causale (voir *Théories scientifiques*). Ce débat souligne l'aspect instrumentaliste de l'approche sémantique : la justesse d'un modèle dépend de notre interprétation et de nos besoins, et non de son insertion cohérente dans un réseau logique homogène. Cette approche particulariste de l'explication comblait une grave lacune de l'approche déductive-nomologique, soit son incapacité à rendre compte de l'activité scientifique lorsque celle-ci ne recherche pas de lois. L'approche sémantique se montre plus souple à cet égard, en raison de l'intérêt explicite pour l'hétérogénéité des objectifs particuliers des scientifiques, des outils pour les atteindre et de l'évaluation du succès à les accomplir.

En passant de l'assise de la loi à celle du modèle, plusieurs philosophes des sciences espèrent fournir une meilleure description des pratiques scientifiques tout en offrant une meilleure caractérisation formelle des outils théoriques des scientifiques, soit l'importance croissante de la modélisation en sciences sociales ou en sciences naturelles. Pour la philosophie des sciences, on pourrait dire que, de manière

générale, le consensus est passé d'une logification des énoncés scientifiques (approche syntaxique) à une mathématisation des énoncés scientifiques (approche sémantique). Notons rapidement que ce passage s'est aussi accompagné d'un changement de l'objet d'étude privilégié des philosophes des sciences : alors que la physique (apparemment régie par des lois universelles) était l'objet prioritaire jusque dans les années 1970, la philosophie des sciences s'intéresse de manière marquée depuis les quarante dernières années aux sciences dites spéciales (comme la biologie), où les modèles mathématiques jouent un rôle crucial pour la formalisation scientifique et où les lois sont rares ou absentes.



- Beatty, J. (1987), « On Behalf of the Semantic View », *Biology & Philosophy*, 2, p. 17-23.
- Cartwright, N. (1983), *How the Laws of Physics Lie*, New York, Basic Books.
- Frigg, Roman et Stephan Hartmann (2012), « Models in Science », dans Edward N. Zalta (dir.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/archives/fall2012/entries/models-science/>.
- Lloyd, E. (1984), « A Semantic Approach to the Structure of Population Genetics », *Philosophy of Science*, 50, p. 112-129.
- Monton, Bradley (dir.) (2007), *Images of Empiricism : Essays on Science and Stances, with a Reply from Bas C. van Fraassen*, Oxford University Press.
- Thompson, P. (1989), *The Structure of Biological Theories*, Albany, SUNY Press.
- Van Fraassen, Bas (2004), « Sauver les phénomènes », dans S. Laugier et P. Wagner (dir.), *Philosophie des sciences, Naturalismes et réalismes*, Paris, Vrin, p. 147-163.
- (1980), *The Scientific Image*, Oxford University Press.

## Musées de science et centres de science

*Bernard Schiele*

Le musée des sciences et des techniques a trois filiations. La première s'inscrit dans le droit fil de l'émergence de la pensée scientifique, qui conduit les sciences naturelles à occuper le devant de la scène tout au long du 19<sup>e</sup> siècle. La seconde est l'essor des cabinets de physique et de chimie. Dans ces cabinets, on trouve aussi des machines et des automates, ce qui témoigne dès l'origine d'une étroite association entre sciences et techniques (voir *Technologie*). D'ailleurs, comme l'indique Torlais, la muséologie des sciences et des techniques choisit dès ses

débuts « ce qu'il y a de nouveau, ce qui est le plus propre à être démontré par des expériences, puis à explorer l'état de la question et à y ramener tout ce qui peut s'y ramener des arts et des machines ». Ce goût du spectaculaire mis au service de la technique et de l'industrie est magnifié par le gigantisme des expositions universelles, troisième filiation des musées des sciences et des techniques.

Avec le recul, en effet, on peut considérer que le véritable déclencheur des musées des sciences et des techniques est la tenue des grandes expositions universelles qui accompagnent la Révolution industrielle. Dans cette période euphorique de progrès technique, les expositions universelles, qui célèbrent les réalisations de l'esprit humain, visent à montrer comment l'art et la science peuvent être mis à contribution dans la production d'objets industriels. Elles illustrent comment les multiples applications de la machine améliorent le sort des humains et contribuent à leur bien-être. Animée de cette conviction, la première exposition internationale, *The Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations* tenue à Londres en 1851, compare le progrès industriel de différentes nations. Une fois ces expositions terminées, la cession des objets et quelquefois même celle des bâtiments érigés pour l'occasion servent souvent à établir un nouveau musée.

Mais les expositions universelles vont au-delà de la création ou de l'enrichissement de la collection de certains musées : elles fondent le rapport que ces musées cherchent à établir avec leurs visiteurs. Fondamentalement, elles se veulent pédagogiques et démocratiques. Elles s'efforcent donc d'être compréhensibles pour tous : des visites guidées et des conférences sont organisées en plusieurs langues et l'enseignement est matière à exposition ; le pavillon suédois de l'Exposition de Vienne (1873) présente même une école modèle. En parallèle à leur mission pédagogique, les expositions se veulent aussi des espaces ludiques qui offrent loisirs et distractions aux visiteurs : on recherche des attractions spectaculaires. Ces trois traits : ponts avec l'école, présentations dramatiques et spectaculaires (théâtralité), souci d'éduquer et de distraire en même temps, auront une influence décisive sur l'évolution des musées de sciences et de techniques, au point d'en être la principale caractéristique aujourd'hui (voir *Communication publique des sciences et des technologies*).

Les expositions universelles célèbrent les applications techniques et industrielles des sciences, glorifiant un machinisme spectaculaire et dont la science pure, réputée froide et aride, est généralement absente. Un renversement de perspective se produit toutefois avec l'ouverture du Palais de la découverte, à l'Exposition de Paris en 1937. Fleuron de la muséologie scientifique française, le Palais incarne le *nec plus ultra* de la modernité. Comme tous les musées et centres de science qui ont vu le jour depuis, il se donne pour mission d'initier à la pensée scientifique. Pour ce faire, il vise, comme l'indiquait Jean Perrin (tel que le cite Roussel), à faire « comprendre la part déterminante que la Découverte a prise dans la création de la civilisation » en réalisant des expositions vivantes, « où sont répétées de façon spectaculaire... les découvertes fondamentales qui ont élargi notre intelligence [...] assuré notre emprise sur la matière... ou augmenté notre sécurité physiologique ». Il est tout entier organisé autour du savoir disciplinaire et des sciences fondamentales (voir *Discipline*).

Un nouveau déplacement du centre de gravité se produit au tournant des années 1970. Il correspond à la montée des technosciences et entraîne un bouleversement de l'institution muséale. L'arrivée des centres de science, avec leur volonté d'ouvrir une fenêtre sur le savoir-faire technique et industriel, caractérise cette reconfiguration. Aux États-Unis et au Canada, l'ouverture de l'Exploratorium de San Francisco et du Centre des sciences de l'Ontario, inaugurés l'un et l'autre en 1969, incarnent ce renversement de tendance. Ils sont les premiers à faire résolument de la communication avec leurs visiteurs leur objectif premier. Cette mission invite notamment à l'interactivité. En faisant du musée un lieu de médiation des connaissances, qui sollicite la participation active d'un visiteur volontairement situé au centre du dispositif, les centres de science révolutionnent la muséologie scientifique (voir *Public et publics des musées de science*). Le succès de la formule y contribue fortement. Cette polyvalence centrée sur le visiteur est d'ailleurs caractéristique de l'offre muséale contemporaine en général, qu'il s'agisse de musées d'art, de civilisation, de société ou de science. Tous diversifient leurs activités pour créer un environnement multi-sensoriel et multi-communicationnel qui sollicite le visiteur et multiplie les points d'ancrage potentiels. Tout est mis en œuvre pour susciter, stimuler, capter et fixer son attention, le motiver, éveiller son

intérêt ou mobiliser ses styles cognitifs. Plus que jamais, les musées ont adopté les préceptes de MacLuhan, selon qui les objectifs de diffusion requièrent la mise à contribution de tous les moyens médiatiques.

La pratique muséale est aussi influencée par la prise de conscience du public que le Progrès se double de nuisances et de risques (voir *Risques technologiques*). L'envahissement progressif des sciences et des technologies exerce un impact sur la vie quotidienne, le travail et l'environnement. Des incidents à répétition ont entraîné une véritable remise en cause du développement scientifique. Ce changement de sensibilité s'est traduit par une montée des préoccupations environnementales et l'inscription de celles-ci dans l'ordre du jour des centres de science. Enfin, ces attentes du public entrent en tension avec un dernier changement : désormais, c'est moins la science qui est mise en scène que ses retombées (voir *Science et Invention et innovation*). C'est l'angle d'approche adopté, notamment, par la Cité des Sciences et des Techniques de Paris, en 1986 et, depuis les années 1980, presque tous les centres de science se sont progressivement reconvertis à cette vision. Le Centre des sciences de Montréal va d'ailleurs encore plus loin : l'innovation seule occupe le devant de la scène. La science n'est donc évoquée qu'à l'occasion, comme référence lointaine.



Cassirer, Ernst (1997 [1932]), *La philosophie des Lumières*, Paris, Fayard, p. 41-48, *passim*.

Hein, Hilde (1990), *The Exploratorium – The Museum as Laboratory*, Washington, Smithsonian Institution Press.

Laïdi, Zaki (1999), *La tyrannie de l'urgence*, Québec, Musée de la civilisation.

MacLuhan, M., H. Parker et J. Barzun (1969), *Exploration of the Ways, Means and Values of Museum Communication with the Visiting Public*, New York, Museum of the City of New York.

Mauriès, Patrick (2002), *Cabinets of Curiosities*, Londres, Thames & Hudson.

Papon, Pierre (1989), *Les logiques du futur*, Paris, Aubier.

Pearce, Susan (1989), « Museum studies in material culture : introduction », dans S. Pearce (dir.), *Museum, Studies in Material Culture*, Leicester University Press, p. 1-10.

Roussel, M. (1979), *Le public adulte au Palais de la Découverte (d'après les principaux résultats d'une enquête sociopédagogique, 1970-1978)*, Paris, Palais de la Découverte.

Rydel, Robert W. (1993), *World of Fairs*, Chicago/Londres, The University of Chicago Press.

Schiele, Bernard (1992), *The Rise of Environmentalism in Museums*, Québec, Musée de la civilisation.

Schroeder-Gudehus, Brigitte et Anne Rasmussen (1992), *Les fastes du progrès – Le guide des Expositions universelles, 1851-1992*, Paris, Flammarion.

Searle, John R. (1995), « Postmodernism and the Western Rationalist Tradition », dans J. Arthur et A. Shapiro (dir.), *Campus Wars – Multiculturalism and the Politics of Difference*, Boulder, Westview Press, p. 28-48.

Torlais, Jean (1986), « La physique expérimentale », dans R. Taton (dir.), *Enseignement et diffusion des sciences au XVIII<sup>e</sup> siècle*, Paris, Herman, p. 619-643.

## Normes et standards

*Marc Banik*

Bien qu'il y ait souvent confusion entre les termes « norme » (en anglais *standard*) et « standard » (en anglais *convention*), chaque mot revêt en STS une signification précise. Une norme est un référentiel, une spécification technique publiée par une association de producteurs ou une organisation de normalisation, comme l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Les normes techniques ont plusieurs fonctions dont l'une des plus importantes est d'assurer la compatibilité ou l'interconnectivité entre différents appareils. Les normes GSM publiées par l'European Telecommunications Standards Institute, par exemple, permettent à un grand nombre de téléphones cellulaires de fonctionner sur un même réseau (voir *Infrastructure sociotechnique*).

Les normes sont également à la base des méthodologies de mesure. De nombreuses mesures relatives aux poids, volumes et paramètres technologiques ont joué un rôle primordial dans l'échange de biens et de services en permettant aux partenaires commerciaux de s'entendre sur les modalités d'un échange (voir *Évolution de la réglementation*). Par ailleurs, certaines de ces mesures de propriétés physiques, comme l'Ohm, une mesure de résistance, sont issues du développement d'une technologie précise – ici, la télégraphie.

Les normes industrielles favorisent l'uniformité des procédures et des produits, mais elles ont également des impacts sur des rapports sociaux. La chaîne de montage instaurée par Taylor chez Ford a apporté d'importants gains de productivité mais a rendu désuets le travail artisanal et les métiers de fabrication. Dans le même ordre d'idées, Theodore Porter a affirmé que les actuaires, bien qu'ils apprécient la

précision et l'importance de la mesure, s'opposaient à l'application de normes puisque l'uniformisation des procédures diminuait l'importance des vérifications par un tiers. L'adoption de normes peut même empêcher que deux populations se côtoient. Langdon Winner affirme que certains viaducs à Long Island étaient construits en suivant une norme qui limitait la hauteur, de sorte que les autobus qui transportaient des citoyens moins nantis ne pouvaient emprunter des routes vers des quartiers plus huppés.

Contrairement aux normes, un standard ne fait pas l'objet d'un référentiel publié, mais plutôt d'une convention adoptée par une bonne proportion d'utilisateurs ou de producteurs. La pratique selon laquelle les fichiers de traitement de texte sont sauvegardés en format .doc offre l'exemple d'un tel standard (voir *Objet-frontière*). Le standard désigne en fait souvent ce qui est devenu habituel pour une communauté de praticiens.

Le terme peut s'appliquer à des valeurs. Robert Merton a ainsi défini l'éthos de la science par ses attentes en matière d'universalisme, de communalisme, de désintéressement et de scepticisme organisé (voir *Sociologie des sciences*). Lorsque la communauté scientifique intériorise ces principes, elle peut résister aux influences politiques et progresser en suivant une méthode usuelle reconnue par les pairs (voir *Discipline et Champ*). Les standards, bien qu'ils ne soient pas sanctionnés par un organisme de certification, véhiculent donc les mœurs d'une communauté technologique ou scientifique, alors qu'une norme correspond à une convention portant sur la fonction ou des spécifications technologiques.



Dasgupta, P. et P. David (1994), « Towards a new economics of science », *Research Policy*, vol. 23, n° 5, p. 487-521.

David, P. A. (1995), « Standardization Policies for Network Technologies: The Flux Between Freedom and Order Revisited », dans Richard Hawkins, Robin Mansell et Jim Skea (dir.), *Standards, Innovation and Competitiveness: Politics and Economics of Standards in Natural and Technical Environments*, Aldershot, Edward Elgar.

European Telecommunications Standards Institute (2013), What are standards? <http://bit.ly/1AHxAtv>.

Merton R. K. (1973), « The Normative Structure of Science » (1942), dans N. W. Storer (dir.), *The Sociology of Science*, University of Chicago Press, p. 267-278.

Porter, T. M. (1995), «Precision and Trust: Early Victorian Insurance and the Politics of Calculation», dans N. Wise, *The Values of Precision*, Princeton University Press, p. 173-197.

Taylor, F. W. (1911), *The Principles of Scientific Management*, New York, NY Harper & Brothers.

Wise, M. N. (1995), «Precision: Agent of Unity and Product of Agreement Part II – The age of Steam and Telegraphy», dans M. N. Wise, *The Values of Precision*, Princeton University Press, p. 222-238.

## Objectivité et régulation

*Peter Keating*

En tenant pour fondamentale l'opposition de l'objectivité et de la subjectivité, la philosophie des sciences reconnaît traditionnellement pour objective une forme de connaissance dont toute trace de subjectivité aurait été purgée (voir *Science*). Suivant cette conception, la connaissance ne pourrait être dite objective qu'à la condition que son objet soit universellement accessible, c'est-à-dire accessible indépendamment de la position du sujet connaissant. Ce point de vue n'est pas partagé par les historiens des sciences, pour lesquels la notion d'objectivité a plutôt une teneur épistémique, devenant dès lors sujette à des variations historiques, mais n'implique plus de supposer un monde peuplé d'objets ou de concepts transcendants (voir *Histoire des sciences* et *Relativisme*). L'objectivité réfère alors moins à l'état ontologique d'un fait scientifique dit *objectif* qu'au processus contextuel et concret qui le rend tel, à savoir le travail d'*objectivation*.

Dans un ouvrage qui systématise les conclusions d'une série d'études entreprises depuis les années 1990, Lorraine Daston et Peter Galison identifient quatre régimes successifs d'objectivité dans l'évolution historique de la science moderne. Pour eux, chacun de ces régimes se distingue à la fois en fonction du type d'images que produit la recherche scientifique durant la période qui lui correspond et par les contenus épistémiques dont ces images sont investies. Par ailleurs, l'analyse de ces régimes montre qu'ils favorisent chacun certaines personnalités scientifiques particulières, avec leurs faisceaux d'objets de recherche associés. Et ainsi, le scientifique représentatif d'un régime d'objectivité recouvrant le 18<sup>e</sup> siècle aurait agi comme une sorte de sage, dont la

tâche consistait essentiellement à produire des images raisonnées de la nature par une sélection méticuleuse et une synthèse rigoureuse des cas exemplaires. Carl von Linné incarnerait parfaitement cette catégorie de scientifiques, lui dont l'approche taxinomique exigeait d'une mise en tableau des plantes et des animaux qu'elle sache, par le repérage et l'isolement des traits typiques propres à une espèce, rendre compte le plus fidèlement possible des grands ordres naturels (voir *Classification*). En ce sens, le travail scientifique concernait l'atteinte et la constitution d'universaux transcendants (voir *Lois scientifiques*). Mais le 19<sup>e</sup> rompt avec cette conception du rôle des scientifiques. Rejetant l'idée d'un sage dont l'activité principale concernerait la production de synthèses, il favorise celle d'un scientifique travailleur (ou laborieux), à la poursuite d'une objectivité mécanique par la production d'images où le transfert automatique/mécanique masque toute trace de sa propre activité de préparation et de sélection. Les images produites au cours de ce processus, le plus souvent des photographies, représentent des objets spécifiques et se trouvent délestées de toute prétention à l'universalité. Dans la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, le scientifique/expert fait son apparition et impose son expertise comme mode privilégié d'interprétation des images mécaniques et de leurs motifs. Les objets de la connaissance, qui cessent d'être conçus comme des particuliers sans s'élever tout à fait à leur ancien statut d'universaux, se regroupent en familles d'objets apparentés. À la fin du 20<sup>e</sup> siècle, la distinction fondamentale entre une représentation de l'objet et une intervention sur lui tend à devenir floue, alors que s'imposent des techniques de simulation et de production d'images manipulables comme la nanotechnologie et la cytofluorométrie. Cette nouvelle forme de la représentation objective s'accompagne nécessairement d'un type idoine du sujet connaissant, cet hybride du scientifique/ingénieur dont les productions sont à la fois des artefacts et des outils (voir *Objet technique* et *Plateformes biomédicales*).

À sa manière, chacun de ces régimes d'objectivité a participé à la régulation des activités scientifiques. Suivant cet esprit, Cambrosio et ses collègues ont récemment défini un nouveau mode d'objectivité, qu'ils nomment « objectivité régulatrice » et qui insiste sur l'aspect collectif de la production des connaissances et l'établissement nécessaire de conventions balisant aussi bien la régulation du travail de recherche que l'interprétation des données. Le plus souvent explicite, bien que

parfois tacite, le processus par lequel ces conventions s'établissent implique des niveaux de réflexivité et de coordination jusqu'alors inconnus, et génère donc des conventions qui, dépassant leur vocation régulatrice première, deviennent rapidement constitutives des objets de la connaissance eux-mêmes. Dans ce régime de l'objectivité régulatrice, il s'agit donc d'établir autre chose que de simples standards de mesure, puisqu'il est question de conventions qui rendent à la fois possibles la mesure elle-même et les normes du jugement qu'il sera possible de poser sur elle. Désormais, le porteur de l'objectivité n'est plus à chercher dans l'objet lui-même, il ne l'est d'ailleurs même plus dans son image; il est construit par une convention du collectif, qui le manipule et le maintient. C'est sans doute la pratique de l'essai clinique qui en fournit l'exemple le plus net, dont les résultats sont constitués par des protocoles et des conventions qui, pour être tout à fait déterminants dans la pratique médicale, dépendent pour leur signification de cette collectivité qui les maintient et qu'elle contribue à unifier (voir *Construction sociale des technologies*).



Callon, Michel (1991), « Techno-economic networks and irreversibility », dans J. Law (dir.), *A Sociology of Monsters. Essays on Power, Technology and Domination*, Londres, Routledge and Kegan Paul, p. 132-64.

Cambrasio, Alberto et Peter Keating (2000), « Of Lymphocytes and Pixels: The Techno-Visual Production of Cell Populations », *Studies in History and Philosophy of Science Part C*, 31, p. 233-270.

Cambrasio, Alberto, Peter Keating, Thomas Schlich et George Weisz (2006), « Regulatory objectivity and the generation and management of evidence in medicine », *Social Science & Medicine*, 63, p. 189-199.

Daston, Lorraine et Peter Galison (2007), *Objectivity*, New York, Zone Books.

Giere, Ronald N. (1996), « Visual Models and Scientific Judgment », dans Brian Baigrie (dir.), *Picturing Knowledge*, University of Toronto Press, p. 269-302.

Lynch, Michael (1985), « Discipline and the Material Form of Images », *Social Studies of Science*, 15, p. 37-66.

Nadeau, Robert (1999), « Objectivité », dans Dominique Lecourt (dir.), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, Paris, Presses universitaires de France, p. 698-706.

Porter, Theodore M. (1995), *Trust in Numbers. The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*, Princeton University Press.

## Objet-frontière

*Guillaume Latzko-Toth et Florence Millerand*

Un objet-frontière est une entité qui sert d'interface entre des mondes sociaux et des acteurs ayant des perspectives différentes. Introduit par Star et Griesemer dans une étude de cas sur l'édification d'un musée zoologique à Berkeley, ce concept s'inscrit dans le cadre de l'approche dite «écologique» des STS. Cette tradition de recherche, ancrée dans la sociologie interactionniste dont elle retient notamment le concept de «monde social», reprend certains éléments du cadre conceptuel de la sociologie de la traduction ou «théorie de l'acteur-réseau», mais elle offre, selon Clarke et Star, «des affordances bien différentes et poursuit des finalités analytiques distinctes» (2008, p. 122). Le modèle écologique des STS s'efforce de rendre compte des multiples traductions opérées simultanément par tous les acteurs d'un projet, plutôt que de suivre le point de vue unique des «entrepreneurs», c'est-à-dire des individus les plus activement engagés à l'égard du projet et qui mobilisent les autres autour d'eux (voir *Théorie de l'acteur-réseau* et *Construction sociale des technologies*).

Selon Star et Griesemer, un objet-frontière est «suffisamment plastique pour s'adapter aux besoins locaux et aux contraintes des divers groupes qui l'utilisent, tout en étant suffisamment robuste pour maintenir une identité commune d'un site à l'autre» (1989, p. 393). Il peut être concret ou abstrait et il est capable d'exister simultanément dans plusieurs mondes sociaux tout en «satisfaisant aux exigences informationnelles de chacun». Les auteurs distinguent quatre grands types d'objets-frontières : le répertoire (le musée en tant que «banque» de spécimens), l'idéaltype (une définition du concept d'espèce), l'enveloppe – ou objet dont les frontières coïncident (la carte de la Californie), le format standard (un formulaire servant à standardiser les informations relatives à la collecte de spécimens). Ainsi, le formulaire utilisé pour documenter des spécimens sert de trait d'union entre le monde des scientifiques, experts en zoologie, et celui des amateurs qui, eux, capturent les spécimens et ont une connaissance du terrain que les scientifiques n'ont pas.

Les objets-frontières facilitent la coopération et les interactions entre des acteurs hétérogènes, sans imposer une signification unique

de l'objet, comme dans le modèle de l'acteur-réseau. Leur souplesse ou « flexibilité interprétative » (une idée dérivée du modèle SCOT) leur permet de prendre des significations différentes pour différents acteurs et d'accommoder des perspectives parfois divergentes. Elle explique aussi que certains de ces objets puissent paraître à l'observateur « incohérents, ambigus voire "illogiques" », pour reprendre les mots de Fujimura (1992, p. 175).

Le concept d'objet-frontière contribue à éclairer les processus de coopération et de résolution collective de problèmes à l'œuvre dans l'activité scientifique et technique. Il invite aussi à un renversement de perspective sur les fins et les moyens de l'innovation : les artefacts ne constituent pas nécessairement la finalité de l'activité scientifique et technique, ils en sont aussi les points d'appui, les charnières qui lui permettent de s'articuler et de se perpétuer en tant que pratique. Par conséquent, l'approche des mondes sociaux se démarque d'autres traditions de recherche en STS en ce sens qu'elle n'envisage pas le devenir et la « félicité » des artefacts en termes de durcissement, de stabilisation et de clôture.

Enfin, si tout objet peut être, *a priori*, un objet-frontière, Star précise que l'échelle à laquelle le concept trouve sa plus grande pertinence est celle de l'organisation. Il s'agit d'étudier les processus par lesquels des objets-frontières se constituent – autrement dit comment un objet devient un objet-frontière – plus que de savoir ce que signifie tel objet-frontière pour tel groupe d'acteurs ou à quel type il appartient (voir *Objet technique*).

Plus de vingt ans après son introduction, le concept d'objet-frontière a fait sa marque. Il est en effet l'un des concepts parmi les plus cités, non seulement en STS mais aussi en sciences de la gestion, en sciences de l'information, en informatique et en géographie où il a suscité un nombre considérable de travaux.



Becker, H. S. (1982), *Art Worlds*, Berkeley, University of California Press.

— (1986), *Doing Things Together : Selected Papers*, Evanston (IL), Northwestern University Press.

Clarke, A. E. et S. L. Star (2008), « The Social Worlds Framework : A Theory/Method Package », dans E. J. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch et J. Wajcman (dir.), *The*

- Handbook of Science and Technology Studies*, 3<sup>e</sup> édition, Cambridge (MA), MIT Press, p. 113-137.
- Fujimura, J. H. (1992), « Crafting Science : Standardized Packages, Boundary Objects, and "Translation" », dans A. Pickering (dir.), *Science as Practice and Culture*, University of Chicago Press, p. 168-211.
- Star, S. L. (2010), « Ceci n'est pas un objet-frontière. Réflexions sur l'origine d'un concept », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 4, n° 1, p. 18-35. (Publié la même année en anglais dans *Science, Technology & Human Values*, vol. 35, n° 5, p. 601-617.)
- Star, S. L. et J. R. Griesemer (1989), « Institutional Ecology, "Translations" and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 », *Social Studies of Science*, vol. 19, n° 3, p. 387-420. Traduction française : Star, S. L. et J. R. Griesemer (2008), « Écologie institutionnelle, "traductions" et objets frontières : des amateurs et des professionnels au musée de zoologie vertébrée de Berkeley, 1907-1939 », dans B. Lahire et C. Rosental (dir.), *La cognition au prisme des sciences sociales*, Paris, Éditions des Archives Contemporaines, p. 233-276.
- Strauss, A. L. (1978), « A Social World Perspective », dans N. Denzin (dir.), *Studies in Symbolic Interaction*, Greenwich (CT), JAI Press, p. 119-128.

## Objet technique (artefact, instrument, machine, dispositif)

*Guillaume Latzko-Toth*

Le vocable « objet technique » est couramment employé comme terme générique pour désigner indifféremment un outil, un instrument, une machine, un logiciel ou plus généralement tout « artefact » considéré du point de vue de sa technicité (voir *Technologie*). C'est justement pour tenter de cerner l'essence de la technique que le philosophe Gilbert Simondon a proposé une ontologie de l'objet technique qui a mis en évidence les difficultés inhérentes à toute tentative de définition. Selon les traditions disciplinaires ou les approches théoriques, on lui préfère ou non la notion d'« artefact technique », plus courante en anglais (*technological artifact*), ou encore celle de « dispositif technique ».

S'il se fait discret dans le vocabulaire de la sociologie des sciences et des techniques de langue française, le concept d'artefact se retrouve au cœur de l'approche anglo-saxonne fonctionnaliste d'Herbert Simon sur les « sciences de l'artificiel ». Pour Simon, un artefact est une entité d'origine humaine conçue dans le but de répondre à un besoin. Il peut être abstrait ou concret, physique ou symbolique, matériel ou logiciel,

mais dans tous les cas il est « architecturé », c'est-à-dire qu'il présente une structure interne non contingente et que les divers éléments dont il est fait ont été agencés de manière cohérente en vue de servir une fin. Pour qu'il soit considéré comme un instrument, il faut en outre qu'il soit associé à un « schème d'utilisation ».

Un artefact peut exister à diverses échelles ou niveaux de complexité. On peut ainsi parler de « macro-artefact » pour désigner une ville ou le réseau Internet dans son ensemble. Un tel artefact peut constituer un substrat pour d'autres artefacts ; il devient alors, d'un point de vue relationnel, une infrastructure (voir *Infrastructure socio-technique* et *Déterminisme technologique*). Le terme « machine » désigne généralement des artefacts compacts, hautement architecturés et dotés d'une capacité de fonctionnement autonome. Simondon définit l'autonomie des machines en tant qu'affranchissement vis-à-vis de l'opérateur comme source d'énergie et d'information. Un concept voisin, celui de « dispositif », correspond à un niveau d'échelle intermédiaire entre le macro et le micro. Mais le dispositif n'est pas une entité en soi : il est articulation, mise en relation, sans pour autant avoir la cohérence d'un système. Le dispositif est défini par Foucault comme un réseau hétérogène d'artefacts au sens le plus large, matériels ou symboliques, dont certains cristallisent des rapports sociaux. Ainsi, pour former un dispositif au sens fort du terme – et non dans le sens ordinaire de « ruse » (*machina*) ou d'agencement matériel apportant une solution pratique à un problème –, un artefact doit être articulé à d'autres éléments, et s'inscrire dans une dynamique sociale. Un même objet technique peut être décrit en tant qu'artefact *et* en tant que dispositif selon l'angle d'analyse que l'on privilégie. Quinton souligne la différence entre artefact et dispositif de communication en définissant ce dernier comme « l'ensemble relationnel qui se construit entre l'artefact, ses acteurs en production-réception, ses utilisateurs ainsi que les contextes dans lesquels prennent place ces interactions ».

S'efforçant de réduire la distance entre le naturel et l'artificiel, la théorie de l'acteur-réseau situe l'artefact technique stabilisé sur le même plan que le fait scientifique : ce qui est perçu par les acteurs comme une « chose » aux contours définis serait en fait un assemblage hétérogène d'actants humains et non humains ayant subi un processus de mise en « boîte noire », ou « ponctualisation ». Autrement dit, l'arte-

fact serait l'aspect « visible » d'un dispositif sociotechnique dont il est indissociable. Latour précise par ailleurs qu'un objet technique n'existe pas autrement que sous la forme d'un « quasi-objet » insaisissable dont le mode d'existence fluctue. Il devient « artefact » – au sens de relique archéologique – lorsqu'il est exposé dans un musée (voir *Musée de science et technologie*).

Pour sa part, l'approche constructionniste conçoit plutôt l'artefact comme une actualisation parmi d'autres d'un objet technique sujet à la flexibilité interprétative des acteurs avant que sa « signification » ne soit stabilisée. L'artefact est donc situé dans un réseau constitué à la fois d'acteurs et d'autres artefacts en concurrence avec lui. Le réseau est articulé autour de « problèmes » ou controverses dans lesquels les acteurs sont parties prenantes et pour lesquels les artefacts sont autant d'interprétations de l'objet technique offrant des solutions à ces problèmes (voir *Théorie de l'acteur-réseau* et *Objet-frontière*).



Callon, M. (1991), « Techno-economic networks and irreversibility », dans J. Law (dir.), *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology, and Domination*, Londres, Routledge, p. 132-161.

Dodier, N. (1995), *Les hommes et les machines. La conscience collective dans les sociétés technicisées*, Paris, Métailié.

Forest, J. (2007), « Artefact, les apports de l'approche simonienne », *Les Enjeux de l'information et de la communication*. <http://lesenjeux.u-grenoble3.fr/2007-meotic/Forest/>

Foucault, M. (1994 [1977]), « Le jeu de Michel Foucault », dans D. Defert, F. Ewald et J. Lagrange (dir.), *Dits et écrits 1954-1988. Vol. III : 1976-1979*, Paris, Gallimard, p. 298-329.

Latour, B. (1993), « Ethnography of a "High-Tech" Case: About Aramis », dans P. Lemonier (dir.), *Technological Choices: Transformation in Material Cultures since the Neolithic*, Londres/New York, Routledge, p. 372-398.

Pinch, T. et W. E. Bijker (1987), « The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other », dans W. E. Bijker, T. P. Hughes et T. Pinch (dir.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA), MIT Press, p. 17-50.

Quinton, P. (2007), « L'artefact : un objet du faire », *Les Enjeux de l'information et de la communication*. [http://www.u-grenoble3.fr/les\\_enjeux/2007-meotic/Quinton/](http://www.u-grenoble3.fr/les_enjeux/2007-meotic/Quinton/)

Rabardel, P. (1995), *Les hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, Armand Colin.

Simon, H. A. (1996 [1969]), *The Sciences of the Artificial*, 3<sup>e</sup> édition, Cambridge (MA), MIT Press.

Simondon, G. (1989 [1958]), *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier.

Star, S. L. (1999), « The Ethnography of Infrastructure », *American Behavioral Scientist*, vol. 43, n° 3, p. 377-391.

## Paradigme

*Yves Gingras et Julien Prud'homme*

Le mot « paradigme » est d'usage ancien. Désignant un exemple-type que l'on invoque pour convaincre, il paraît dans la *Rhétorique* d'Aristote et, au début du 20<sup>e</sup> siècle, dans les travaux de Wittgenstein et de quelques autres philosophes. Mais l'emploi du terme est alors une rareté. S'il devient un mot commun, employé aujourd'hui à toutes les sauces, c'est en raison du travail fondateur de T. S. Kuhn sur la *Structure des révolutions scientifiques* (1962), qui transforme le concept en l'une des principales clés d'analyse de l'évolution des sciences.

Kuhn, un physicien qui a bifurqué vers l'histoire et la philosophie des sciences, distingue deux types de moments dans l'évolution d'une science : de longs moments de « science normale » interrompus par des épisodes de « révolution scientifique ». La science normale repose sur une communauté de savants rassemblés autour d'un paradigme stable : le mot « paradigme » désigne alors le cadre théorique général de la discipline, qui fournit à la communauté le vocabulaire, les questions, les techniques et les arguments jugés légitimes pour lui permettre de fonctionner (voir *Discipline et Champ*). La communauté de savants s'emploie alors à étendre le champ d'application du paradigme en résolvant un éventail de problèmes, tous formulés dans les termes propres du paradigme de manière à engendrer un progrès cumulatif des connaissances. Une révolution scientifique survient lorsqu'une série d'anomalies, de problèmes apparemment insolubles, vient jeter le doute sur la viabilité du paradigme existant ; s'ensuit alors une crise qui peut être résolue par l'adoption d'un paradigme de remplacement. Le nouveau paradigme, en raison des concepts, des méthodes et du langage employés, est alors incommensurable au premier car il véhicule une vision du monde toute différente. Son adoption entraîne donc une certaine rupture du progrès

cumulatif observé durant le moment de science normale. Le modèle kuhnien de la dynamique des révolutions scientifiques peut se résumer dans le schéma suivant :

Paradigme 1 → science normale → anomalie → crise → paradigme 2 → science normale

Kuhn, comme d'autres, a bâti son schéma à partir de l'histoire de la physique, considérée au milieu du 20<sup>e</sup> siècle comme la reine des sciences. Le cas-type d'un changement de paradigme est ainsi le passage de la conception géocentrique du monde, incarnée par l'astronomie de Ptolémée et la physique d'Aristote qui place la Terre immobile au centre de l'univers, à la conception héliocentrique de Copernic qui met plutôt le Soleil au centre du système solaire et fait de la Terre une planète comme une autre, ce qui réclame une nouvelle physique qui viendra de Galilée et Newton. Kuhn recourt aussi à d'autres exemples tirés de la physique, comme l'apparition de la mécanique quantique. Ian Hacking a d'ailleurs suggéré qu'une autre source d'inspiration, comme l'histoire des sciences de la vie, aurait peut-être inspiré une formulation quelque peu différente des concepts de paradigme ou de révolution scientifique.

L'acception kuhnienne du mot « paradigme » n'en connaît pas moins beaucoup de succès. Après l'avoir employé de façon polysémique dans la *Structure*, Kuhn en précise le sens dans la postface de la seconde édition en 1970. Il souligne la nature collective d'un paradigme, qui n'a de sens que partagé par une communauté, pour laquelle il fait office de « matrice disciplinaire » en lui fournissant le cadre (métaphysique, théorique, méthodologique, moral) qui autorise une pratique normalisée axée sur la résolution de problèmes aux contours définis (*puzzle-solving*). Le mot « paradigme » peut également prendre un sens plus restreint pour désigner l'exemple typique ou fondateur qui illustre la marche à suivre pour la communauté des savants : la mathématisation des champs électromagnétiques par Maxwell ou l'étude du mouvement par Aristote ont chacune offert de telles figures « paradigmatisques » à des communautés de savants (voir *Analogie et métaphore en sciences*).

Dans tous les cas, le paradigme fournit le cadre de pensée de la science normale, soit la formulation de questions de recherche et de critères pour évaluer les solutions proposées. Même si Kuhn lui-même

offre une histoire proprement intellectuelle, le concept de paradigme, parce qu'il regroupe à la fois des composantes cognitives et sociales, a pu encourager une lecture plus explicitement sociologique de l'évolution des sciences. Suggérant une division moins nette qu'on ne l'avait cru entre les facteurs cognitifs et sociologiques (internes et externes) qui influencent les savants, le concept laisse entrevoir en quoi la sociologie pourrait s'intéresser aux contenus conceptuels des sciences et non plus se limiter, par exemple, aux contextes institutionnels orientant le choix des objets de recherche comme le faisait jusque-là la sociologie des sciences d'inspiration mertonienne. En ce sens, et bien que le modèle de Kuhn demeure essentiellement internaliste (les crises naissent du parcours de la science normale régie par un paradigme, et non d'un contexte social ou politique extérieur), l'imbrication d'une communauté (sociale) et d'un paradigme (cognitif) a ouvert la voie à une nouvelle réflexion sur les liens entre contexte social et contenu scientifique (voir *Sociologie des sciences*, *Histoire des sciences* et *Modèles scientifiques*).

Alors que Kuhn appliquait l'idée de révolution à des changements de grande envergure, comme les moments copernicien, newtonien ou einsteinien, la notion de changement de paradigme peut aujourd'hui s'appliquer à des micro-révolutions au cours desquelles un paradigme plus limité est remis en cause, comme dans le cas de la découverte de *l'helicobacter pylori* qui a remis en question, au cours des années 1980 et 1990, l'interprétation dominante des causes des ulcères d'estomac. Le passage d'une conception fondée sur l'idée d'acidité à celle de la présence d'une bactérie pouvant survivre dans le milieu acide de l'estomac a ainsi changé complètement notre compréhension de cet organe et modifié en conséquence les moyens de guérison de ces ulcères. Cette découverte a d'ailleurs valu un prix Nobel à ses auteurs.

Enfin, l'idée kuhnienne selon laquelle il existe une incommensurabilité (littéralement : une absence de commune mesure) entre les propositions issues de paradigmes différents, successifs ou concurrents, a été critiquée par certains comme une invitation au relativisme radical. Kuhn lui-même a vigoureusement rejeté cette lecture et défendu une compréhension pragmatique plutôt qu'idéalisée de la recherche de la vérité, rappelant que l'étude des sciences sous un angle social n'implique pas en soi la défense d'une position relativiste, quelle qu'elle soit (voir *Relativisme*).



- Bird, Alexander (2013), « Thomas Kuhn », *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (dir.), <http://stanford.io/1NXPSA/>.
- Hacking, Ian (2012 [1962]), « Introductory Essay », dans Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, p. vii-xxxvii.
- Hoyningen-Huene, Paul, *Reconstructing Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1993.
- Kuhn, Thomas S. (1970 [1962]), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 2<sup>e</sup> édition.
- (1974), « Second Thoughts on Paradigms », dans F. Suppe (dir.), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana (IL), University of Illinois Press, p. 459-482.
- (1977), *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, University of Chicago Press.
- (2000), *The Road Since Structure*, James Conant et John Haugeland (éd.), University of Chicago Press.
- Margolis, H. (1993), *Paradigms and Barriers: How Habits of Mind Govern Scientific Beliefs*, University of Chicago Press.
- Masterman, M. (1970), « The nature of a paradigm », dans I. Lakatos et A. Musgrave (dir.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Londres, Cambridge University Press, p. 59-89.
- Nickles, T. (2003), « Normal science: From logic to case-based and model-based reasoning », dans T. Nickles (dir.), *Thomas Kuhn*, University of Cambridge Press, p. 142-177.
- Sankey, H. (1993), « Kuhn's changing concept of incommensurability », *British Journal of the Philosophy of Science*, vol. 44, p. 759-774.

## Philosophie des sciences

*François Duchesneau*

La philosophie des sciences a pour objet la science ou, plus précisément, les diverses disciplines et pratiques scientifiques (voir *Épistémologie*). Il s'agit pour le philosophe des sciences d'analyser la formation, les modes d'évolution, les méthodes, la logique interne, les procédés d'invention et de justification de la connaissance scientifique dans toute la diversité de ses champs d'application. Sa tâche implique un intérêt particulier pour l'interrelation des disciplines scientifiques, ainsi que pour les valeurs intellectuelles et sociales qu'elles véhiculent et qui les animent souvent de façon non réfléchie, voire ambivalente: ces valeurs sont la recherche de la vérité, le progrès des connaissances, le développement technologique,

la transformation des conditions de vie et de l'organisation en société (voir *Discipline*). Tout compte fait, l'attention du philosophe des sciences se concentre primordialement sur l'activité multiforme, à la fois théorique et pratique, de l'esprit humain, activité qui s'accomplit de façon sans cesse renouvelée dans l'œuvre de science.

La relation de la philosophie aux sciences a souvent été, à travers l'histoire, celle d'un géniteur à sa progéniture. Les sciences se sont en général formées dans le sein de la philosophie (voir *Lois scientifiques*). Leurs objets respectifs étaient relativement indistincts : il fallait sans doute concevoir la nature des entités constituant le mobilier de l'univers avant de se livrer à l'investigation détaillée de celui-ci, et il convenait de baliser rationnellement les démarches à entreprendre à cette fin. Aristote fut ainsi à la fois philosophe et biologiste. Galilée conçut une philosophie mécaniste de la nature qui lui permettait de lire dans le grand livre du monde rédigé en langue mathématique. Descartes développa sa métaphysique pour atteindre les principes d'une philosophie de la nature formant les racines d'un arbre dont la physique devait constituer le tronc et d'où sortiraient les branches des divers champs d'application de la science. Sans doute a-t-on trouvé la philosophie présente aux sources de la linguistique avec Dumarsais et Condillac ou de la sociologie avec Comte, Durkheim ou Max Weber, pour ne donner que ces exemples parmi tant d'autres possibles. Quant aux questions cosmologiques d'essence philosophique, telle celle de la réalité ou de l'idéalité de l'espace et du temps, vivement présente dans la controverse entre Leibniz et les Newtoniens au début du 18<sup>e</sup> siècle, n'ont-elles pas alimenté les analyses qui ont mené à la théorie de la relativité au cœur de la physique contemporaine ? De telles approches fondationnelles aux frontières de l'ontologie philosophique et de la science s'illustrent encore aujourd'hui dans nombre de recherches théoriques de pointe.

Certes, il est arrivé au philosophe de traiter de la science en général, notamment dans la perspective d'un examen des méthodes rationnelles que devrait incarner toute pratique scientifique. Pensons au Descartes du *Discours de la méthode* (1637) développant l'idée d'une *mathesis*, c'est-à-dire d'un cheminement de la raison et d'une mise en ordre des objets à connaître, applicables à tous les champs du savoir. L'ambition du philosophe paraissait alors celle de fonder l'édifice de la science en

lui fournissant des principes et des modes d'explication et en circonscrivant l'objet de ses recherches. Considérons de même les nombreuses analyses philosophiques qui ont balisé l'invention et la critique des méthodes empiriques en science, en promouvant la logique de l'expérience et la validation des raisonnements expérimentaux appliqués aux phénomènes. Un cheminement épistémologique se trace ainsi de Francis Bacon et des « *experimental philosophers* » de la Royal Society – les Boyle, Locke et Newton – au 17<sup>e</sup> siècle, jusqu'aux promoteurs du déterminisme expérimental au 19<sup>e</sup> siècle, tel Claude Bernard, ou de l'empirisme logique au 20<sup>e</sup> siècle, tels les Carnap, Reichenbach, Hempel et autres successeurs du Cercle de Vienne.

Même si les perspectives fondationnelles et méthodologiques perdurent dans la recherche philosophique contemporaine, le profil principal de la philosophie des sciences s'affiche de façon tant soit peu différente dans le panorama actuel. Locke avait préfacé son *Essay concerning Human Understanding* (1690) en avançant l'idée que la science possède ses propres architectes et que le philosophe doit désormais se subordonner à cette entreprise d'édification : pour l'essentiel, sa tâche doit consister à réfléchir sur les moyens de connaissance dont nous disposons pour atteindre à la représentation objective des phénomènes et pour éviter les obstacles inhérents à la conceptualisation scientifique. De façon à peine différente, les auteurs d'un récent *Précis de philosophie des sciences*, paru en 2011, affirment : « La philosophie des sciences a pour tâche de comprendre et d'évaluer la formidable entreprise qu'est la science » (p. 5). Ce mandat se détaillera donc en recherches sur les objectifs, les méthodes, les principes et l'interrelation des disciplines scientifiques. Mais plus fondamentalement sans doute, la philosophie des sciences visera à établir le rapport à la réalité des concepts, hypothèses, lois et théories que les diverses sciences élaborent dans leur démarche explicative de l'ordre des choses, et à déterminer comment s'opèrent la révision, la rectification, la subversion, le remplacement des représentations en jeu dans ce dialogue entre agents et objets de la connaissance scientifique (voir *Classification et Théories scientifiques*). De là l'attention du philosophe se portera, de façon réflexive et critique, sur le discours scientifique même et sur les pratiques qu'il intègre. Ce discours se veut rationnel, logiquement articulé, objectif, explicatif et idéologiquement neutre (voir *Modèles scientifiques et Objectivité et*

*régulation*). Mais dans quelle mesure et sous quelles conditions peut-il soutenir cette prétention ? Comment et par quels ressorts internes et externes évolue-t-il de fait ?



Barberousse, Annick, Denis Bonnay et Mikaël Cozic (dir.) (2011), *Précis de philosophie des sciences*, Paris, Vuibert.

Hacking, Ian (2000), *Entre science et réalité. La construction de quoi ?*, Paris, La Découverte.

Hempel, Carl G. (1965), *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York, The Free Press.

Popper, Karl R. (1978), *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot.

Rosenberg, Alex (1995), *Philosophy of Social Science*, Oxford, Westview Press.

Wagner, Pierre (dir.) (2002), *Les philosophes et la science*, Paris, Gallimard.

## Plateformes biomédicales

*Peter Keating*

Dans sa célèbre thèse de 1943 sur *Le normal et le pathologique*, le philosophe français Georges Canguilhem s'est attaqué à l'une des principales doctrines de la pensée médicale du 19<sup>e</sup> siècle, selon laquelle les maladies, comme expressions pathologiques des phénomènes du vivant, ne représentaient rien d'autre qu'une modification quantitative des processus normaux de l'organisme (voir *Quantification et mesure*). En étudiant le cas du diabète infantile, Canguilhem soulignait que la maladie ne correspondait pas simplement, comme l'avait cru Claude Bernard (1813-1878), à une production excessive de sucre par le foie, dépassant les capacités rénales et provoquant par-là de la glycosurie, mais qu'elle correspondait plutôt à une absence totale d'îlots de Langerhans dans le pancréas et conséquemment à une impossibilité pour le métabolisme de produire de l'insuline. Bref, plutôt que sur une surproduction quantitative de sucre, l'étiologie du diabète reposerait sur une lésion histologique qualitative. D'où ces deux propositions, centrales à la pensée de Canguilhem, voulant que le normal soit irréductible au pathologique et que toute tentative de restreindre les causes de la maladie à des excès ou à des insuffisances quantitatives des processus physiologiques soit d'emblée vouée à l'échec.

Portés par l'espoir d'éradiquer les maladies et de promouvoir la santé publique, les États occidentaux ont investi massivement depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale dans la recherche biologique et clinique. Par exemple, le Conseil médical de recherche en Grande-Bretagne (1948) et les Instituts nationaux de la santé aux États-Unis (1948) ont bénéficié d'une croissance exponentielle de leurs budgets de recherche au cours des 25 années ayant suivi la fin du conflit, l'engagement du gouvernement fédéral américain envers la recherche biomédicale passant de 27 millions à 1,7 milliard de dollars, et le nombre de cliniciens engagés dans la recherche universitaire explosant de 1000 à 12 000 (voir *Financement de la science*). Entre autres choses, ces fonds ont promu l'utilisation d'outils biologiques dans la recherche clinique, en même temps qu'inversement ils encourageaient un investissement de la recherche biologique par des modèles heuristiques issus de la pathologie (bactériologie, virologie, oncologie, etc.). L'intrication de la recherche biologique et de la clinique est devenue telle qu'en 1980, aux États-Unis, plus de 40 % des doctorats en biologie étaient décernés par des facultés de médecine. En ce sens, là où Canguilhem avait vu se creuser un fossé infranchissable entre pathologie et biologie, les gestionnaires de la recherche ont plutôt vu une possibilité de le combler.

Pour autant, l'histoire n'a pas donné totalement tort à Canguilhem, puisque cette ascension de la biomédecine dans l'après-guerre n'a pas produit de réelle réduction de la pathologie à la biologie, se limitant à façonner une nouvelle forme de pratique médicale. Le terme de biomédecine désignait au départ l'étude des impacts que des facteurs environnementaux pouvaient faire peser sur la santé humaine, dont les radiations atomiques ou le stress impliqué par les voyages spatiaux, mais il en est rapidement venu, à partir des années 1960, à recouvrir aussi l'ensemble de la recherche effectuée dans le champ médical. Moins une réduction définitive d'une pratique à l'autre qu'un encerclement de l'une par l'autre, la biomédecine laisse entendre que la nouvelle langue du monde médical sera la biologie, sans que cela implique que la pathologie devienne une simple section spéciale de la biologie. Bien que les entités à l'origine des processus pathogènes soient désormais reconnues comme étant de nature biologique, les processus produisant des lésions pathologiques en demeurent distincts. Et si par exemple les oncogènes sont bel et bien des gènes tels que la biologie moléculaire les

décrit, leur rôle dans le développement des cancers sort du seul cadre physiologique, et de manière résolument qualitative plutôt que quantitative (voir *Paradigme et Catégorie*).

En grande partie, la pratique de la biomédecine contemporaine concerne la mesure et la caractérisation des entités biologiques à l'origine des processus pathologiques. À cette fin, elle mobilise des techniques directement issues des laboratoires de biologie – souvent installés eux-mêmes dans des facultés de médecine. Pour suivre l'activité des biomolécules dans le contexte des processus pathologiques, les cliniciens et les chercheurs font converger leurs activités réciproques vers des plateformes biomédicales, c'est-à-dire de véritables sites d'expérimentation centralisateurs et mixtes, où s'articulent les entités normales et les processus pathologiques (voir *Objet-frontière et Migration conceptuelle*). Un cytofluoromètre, par exemple, est un instrument d'analyse des antigènes de surface d'une cellule. Déployé comme plateforme biomédicale dans le traitement des leucémies, cet outil conçu par la recherche biologique se combine avec un ensemble de conventions et de standards propres au diagnostic clinique, et permet de reconnaître différentes espèces de leucémies en fonction de certaines configurations spécifiques d'antigènes plutôt que par un décompte moléculaire. Ainsi, dans la détermination des phénomènes pathologiques, le seul écart quantitatif s'efface une nouvelle fois derrière la variation qualitative.



Cambrosio, Alberto, Peter Keating, Pascale Bourret, Philippe Moustar et Susan Rogers (2009), « Genetic Platforms and Hybrid Formations », dans Paul Atkinson, Peter Glasner et Margaret Lock (dir.), *Handbook of Genetics and Society: Mapping the New Genomic Era*, Londres, Routledge, p. 502-520.

Canguilhem, Georges (1943), *Essai sur quelques problèmes concernant le normal et le pathologique*, Clermont-Ferrand, La Montagne.

Faber, Knud (1930), *Nosography: The Evolution of Clinical Medicine in Modern Times*, New York, Paul B. Hoeber.

Gaudillière, Jean-Paul (2002), *L'invention de la biomédecine: la France, l'Amérique et la production des savoirs du vivant après 1945*, Paris, La Découverte.

Greene, Jeremy (2007), *Prescribing by Numbers: Drugs and the Definition of Disease*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

Keating, Peter et Alberto Cambrosio (2003), *Biomedical Platforms: Realigning, the Normal and the Pathological in Late Twentieth century Biomedicine*, Cambridge (MA), MIT Press.

Löwy, Ilana (1997), *Between Bench and Bedside: Science, Healing, and Interleukin-2 in a Cancer Ward*, Cambridge (MA), Harvard University Press.

Sinding, Christiane (1991), *Le clinicien et le chercheur: Des grandes maladies de carence à la médecine moléculaire, 1880-1980*, Paris, Presses universitaires de France.

## Politique de la science et de la technologie

*Pierre Doray et Yves Gingras*

La science et la technologie ont rapidement fait l'objet de l'attention gouvernementale par de multiples voies: politiques militaires en temps de paix comme en temps de guerre, politiques de financement de la recherche universitaire, usage des marchés publics pour favoriser l'éclosion de certaines technologies, financement des projets de « *big science* », etc. (voir *État, pouvoir et science*). Globalement, il est possible de distinguer trois modes d'intervention des puissances publiques en matière de science et de technologie.

L'État peut être un producteur de savoirs scientifiques et de technologies. C'est le cas des centres de recherche gouvernementaux qui réalisent de la recherche et de l'innovation dans différents domaines comme la géologie (la commission géologique du Canada, par exemple), la conquête de l'espace (la NASA), l'armement (le projet Manhattan), les technologies civiles nucléaires (les réacteurs nucléaires), l'agriculture (la production de nouvelles semences), la météorologie, etc. Les domaines de recherche sont nombreux, allant des connaissances pour sauvegarder la vie aux technologies de destruction massive.

L'État est aussi un consommateur de sciences et de technologies. Il utilise le pouvoir d'achat du secteur public comme des institutions parapubliques pour favoriser le développement de certaines technologies à l'intérieur de ses frontières. Le développement des technologies du transport (train, avion) s'appuie largement sur les marchés publics.

L'État est aussi un régulateur de l'activité scientifique et du développement technologique. À cet égard, nous sommes passés au cours des trente dernières années d'une intervention de l'État favorisant le développement de la science (politique scientifique) à des actions sur le développement des technologies, et plus récemment sur le développement des innovations (voir *Systèmes d'innovation* et *Évolution de la réglementation*).

Les politiques scientifiques de l'après-guerre (1950 à 1980) visaient une croissance de la recherche fondamentale par la promotion de la recherche universitaire, gouvernementale et industrielle en reprenant la vision élaborée par Vannevar Bush en 1945. Selon cette vision, le soutien de la recherche fondamentale allait, tôt ou tard, produire des découvertes et des inventions qui deviendraient des innovations (voir *Financement de la science*). On y retrouve le modèle linéaire de développement des innovations où la première étape est la recherche fondamentale suivie par la recherche appliquée, le développement de prototypes, les analyses de marché, la production des innovations et enfin, leur mise en marché (voir *Diffusion de la technologie*). Dans de nombreux pays, ce type de politique a contribué à financer la recherche dans les universités et les laboratoires. Les universitaires y jouaient un rôle d'experts dans la détermination des objectifs à atteindre. Ils étaient juges de la pertinence et de la qualité des travaux par l'évaluation par les pairs. En même temps, ils étaient aussi responsables de l'exécution.

Dès les années 1980, un revirement doctrinal suit la crise économique et la recherche d'un retour à une croissance économique soutenue. Comme cette époque est également celle de l'informatisation des milieux de travail, il s'agit aussi de soutenir les entreprises dans l'implantation de nouvelles technologies. L'action publique se concentre davantage sur la production directe de technologies comme source de développement économique. Cette tendance se poursuit dans la décennie suivante alors que les États proposent des politiques de l'innovation. Ce passage de la science à la technologie et à l'innovation comme objet central des politiques induit de nombreux changements intellectuels et institutionnels (voir *Économie de l'innovation et Université*).

Les politiques de la technologie et de l'innovation fixent des priorités dans les domaines scientifiques, ce qui les distingue des politiques antérieures qui étaient horizontales et globales. Les priorités sont moins formulées en termes de spécialité que d'objet: par exemple, on dira « avion écologique » ou « autobus électrique » plutôt que « transport ». Les programmes de subvention de recherche ciblée ou en lien avec les milieux de pratique prennent davantage de place dans l'éventail des modes de financement. Les critères d'évaluation des projets de recherche se multiplient, la qualité des retombées possibles des recherches s'ajoutant à la qualité scientifique (voir *Bibliométrie et*

*Évaluation par les pairs*). Une double évaluation est aussi mise en place : celle des pairs et celle des comités d'utilisateurs ou de praticiens, dont les entreprises. Les modes de production des savoirs changent afin de faire place aux préoccupations des éventuels usagers ou des entreprises, et aux retombées pratiques (innovations) des résultats de recherche. On assiste enfin à une commercialisation accrue de la recherche universitaire.

Sur les plans institutionnels et organisationnels, de nombreux changements se font sentir. La gouvernance de la recherche s'en trouve modifiée. Des organismes conseils dont le mandat était de produire des avis pour orienter l'action de l'État sont abolis. Il en est de même d'organismes d'évaluation des impacts de la science et de la technologie (le congrès américain a aboli l'Office of Technology Assessment). Des organismes de liaison et de transfert des connaissances entre les chercheurs et les « usagers » (les bureaux de liaison entreprise-université) sont créés pour assurer le rapprochement avec les entreprises et les organisations. Des organismes de soutien des entreprises en recherche-développement sont créés afin d'accroître l'effort des entreprises en ce sens. Des transformations institutionnelles sur la propriété intellectuelle (comme la loi Bayh-Dole) sont introduites pour faciliter le transfert de connaissances vers l'industrie. Des modalités d'accès au capital de risque sont aussi précisées pour accroître la capacité d'innovation des entreprises et des organisations.

En somme, les politiques de l'innovation ont substantiellement modifié l'espace intellectuel de la recherche par la présence de nouveaux modes de production et l'élargissement des critères d'évaluation. Elles ont aussi modifié les modes de gouvernance en créant un tissu d'acteurs et d'organismes intermédiaires afin de faciliter le passage du savoir à l'innovation.



Bush, Vannevar (1945), *Science The Endless Frontier*, Washington, United States Government Printing Office.

Gibbons, Michael, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott et Martin Trow (1994), *The New Production of Knowledge: The dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Londres, Sage Publications.

Goggin, Malcolm L. et William A. Blanpied (1986), *Governing Science and Technology in a Democracy*, Knoxville, University of Tennessee Press.

- Hiskes, Anne, L. Deckard et Richard P. Hiskes (1986), *Science, Technology, and Policy Decisions*, Boulder (CO), Westview Press.
- Jansen, Dorothea (1995), « Convergence of Basic and Applied Research ? Research Orientations in German High-Temperature Superconductor Research », *Science, Technology and Human Values*, vol. 20, n° 2, p. 197-233.
- Kay, W. D. (1994), « Democracy and Super Technologies: The Politics of the Space Shuttle and the Space Station Freedom », *Science, Technology and Human Values*, vol. 19, n° 2, p. 47-69.
- Kraft, Michael E. et Norman J. Vig (dir.) (1988), *Technology and politics*, Durham (NC), Duke University Press,
- Malissard, Pierrick, Yves Gingras et Brigitte Gemme (2003), « La commercialisation de la recherche », *Actes de la recherche en sciences sociales*, n° 148, p. 57-67.
- Salomon, Jean-Jacques, *Science, guerre et paix*, Paris, Economica, 1989.

## Professionnalisation de la science

*Julien Prud'homme*

La « professionnalisation de la science » est d'abord une notion de sens commun. Plusieurs historiens et sociologues des sciences, même parmi les plus exigeants, l'emploient d'ailleurs couramment sans juger bon de l'explicitier. Souvent, cette formule réfère en gros au mouvement historique qui a favorisé l'autonomisation des sciences modernes. Cette histoire raconte une double trajectoire. D'une part, la science se « normalise », s'unifie autour de langages (mathématiques ou autres) qui favorisent le partage des problèmes dans des communautés plus cohérentes, mieux définies (voir *Paradigme*). D'autre part, la science s'institue en épousant la forme de l'université de recherche, dont l'Allemagne donne le modèle au 19<sup>e</sup> siècle (voir *Université*). Tout cela facilite la reproduction d'un corps de « vrais » savants, de scientifiques de formation et de métier devenus bien distincts de l'amateur, du curieux, du profane. Dans ce récit qui s'étend, disons, de 1780 à 1920, la « professionnalisation de la science » désigne la différenciation d'un groupe social générique, celui des scientifiques, par rapport au monde profane.

Dans d'autres cas, cependant, sous d'autres plumes (et parfois les mêmes), l'expression prend un sens différent. Ces plumes racontent plutôt la « professionnalisation » d'une science en particulier, qui se distingue des autres. Sous cette rubrique, on raconte alors l'émergence

de nouveaux secteurs du savoir dans l'université en général (l'apparition de la sociologie), dans les universités d'un pays donné (la diffusion de la chimie expérimentale en Russie), ou encore sur le fil du rasoir entre l'université et le monde profane (la science génétique qui se dissocie du politique). Ces récits décrivent alors les stratégies d'un groupe précis de savants pour se tailler une place à l'intérieur même de l'université et du champ scientifique.

Cette polysémie du concept de « professionnalisation » appliqué à la science est un problème en soi : ceux qui l'emploient devraient préciser de quoi ils parlent. Mais ce problème en soulève un autre : le concept est-il bien approprié pour embrasser l'ensemble de ces différents récits ?

L'application du terme à la science remonte aux années 1960, qui inaugurent l'âge d'or de la sociologie des professions. Le mot « professionnalisation » désigne alors l'émergence de corps de métiers qui, comme la médecine ou le droit, revendiquent un monopole sur un segment précis du marché des services. Les sociologues des professions n'ont toutefois pas façonné le concept dans le but précis d'y inclure les scientifiques de métier ; bien souvent, en fait, ils ont au contraire décrit les « professionnels » comme des *consommateurs* de science, bien distincts des *producteurs* de savoir que sont les savants (voir *Sociologie des sciences*). À ce titre, appliquer la notion de professionnalisation aux scientifiques eux-mêmes relève plus de l'analogie spontanée que d'un usage réellement orthodoxe du concept original, qui n'est pas calibré pour rendre compte des particularités du fait scientifique. Il y a trente ans, Porter s'irritait déjà de l'inadéquation du concept, qui l'empêchait d'envisager à sa guise l'apparition de carrières universitaires en géologie. Gingras a montré que l'emploi de la catégorie « professionnalisation » pour désigner l'autonomisation de la recherche dans des institutions dédiées et des langages exclusifs ne parvenait pas « à saisir la spécificité du processus qui mène à la formation des disciplines scientifiques en milieu universitaire ». Gingras disait préférer le concept de « discipline », justement, et celui de « champ scientifique », au sens de Bourdieu (voir *Discipline et Champ*).

Est-ce à dire que la « professionnalisation de la science » n'est qu'une expression vide ? On peut en recenser des usages utiles. Gieryn et ses collaborateurs ont ainsi usé de modèles tirés de la sociologie des professions pour expliquer la revendication par les savants (considérés comme

groupe générique) d'un monopole de la définition du savoir dit naturel, au détriment d'une parole religieuse ou profane (voir *Controverse*). D'autres auteurs qualifient de « professionnelle » la communauté des universitaires qui, toutes disciplines confondues, partagent une même structure d'emploi et des intérêts économiques convergents. Enfin, certains parlent de « savants professionnels » pour désigner la proactivité de chercheurs à se mettre au diapason des demandes politiques et économiques, ou encore pour amalgamer les chercheurs universitaires et industriels en une seule catégorie d'analyse (voir *Politique des sciences et des technologies*).

Une partie du défi réside dans la nécessité de distinguer la science en tant qu'espace social générique, distinct du profane, et la science en tant que mosaïque de disciplines. Mais il est probable que le croisement entre l'étude des sciences et la sociologie des professions prenne d'autres formes à l'avenir. Aujourd'hui, la sociologie des professions se préoccupe beaucoup des usages sociopolitiques de l'expertise en milieu de travail (voir *Scientisme et politique*). Dans ce contexte, l'analyse des échanges précis entre professions « de terrain » et disciplines scientifiques, considérées comme des entités différentes, se révélera sans doute plus féconde que le recours à de simples analogies de sens commun.



- Abbott, A. (2005), « Linked Ecologies: States and Universities as Environments for Professions », *Sociological Theory*, vol. 23, n° 3, p. 245-274.
- Beer, J. J. et W. D. Lewis (1963), « Aspects of the Professionalization of Science », *Daedalus*, vol. 92, n° 4, p. 764-784.
- Freidson, E. (1986), *Professional Powers. A Study of the Institutionalization of Formal Knowledge*, University of Chicago Press.
- Gieryn, T. F. (1983), « Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science: Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists », *American Sociological Review*, vol. 48, n° 6, p. 781-795.
- Gieryn, T. F., G. M. Bevin et S. C. Zehr (1985), « Professionalization of American Scientists: Public Science in the Creation/Evolution Trials », *American Sociological Review*, vol. 50, n° 3, p. 392-409.
- Gingras, Y. (1991), « L'institutionnalisation de la recherche en milieu universitaire et ses effets », *Sociologie et sociétés*, vol. 23, n° 1, p. 41-54.
- Kjaergaard, P. C. (2002), « Competing Allies: Professionalisation and the Hierarchy of Science in Victorian Britain », *Centaureus*, vol. 44, p. 248-288.
- Porter, R. (1978), « Gentlemen and Geology: The Emergence of a Scientific Career, 1660-1920 », *The Historical Journal*, vol. 21, n° 4, p. 809-836.

- Waller, J. C. (2001), « Gentlemanly Men of Science: Sir Francis Galton and the Professionalization of the British Life-Sciences », *Journal of the History of Biology*, vol. 34, n° 1, p. 83-114.
- Whittington, K. B. (2011), « Mothers of Invention? Gender, Motherhood, and New Dimensions of Productivity in the Science Profession », *Work and Occupations*, vol. 38, n° 3, p. 417-456.

## Public et publics des musées

*Bernard Schiele*

Parmi les changements qui ont marqué l'évolution des établissements culturels au cours des quarante dernières années, la prise en compte systématique des publics est certainement la plus significative. En fait, le champ des musées s'est complètement recomposé autour de l'idée de visiteur. La tendance s'est cristallisée à partir des années 1970, principalement en Amérique du Nord. Trois éléments, au moins, y ont contribué : la « communication » s'est imposée comme référent ; le statut du visiteur a changé sous la poussée du développement de l'évaluation, qui mettait en cause les pratiques muséales alors communément admises ; l'« interactivité » est devenue le moyen privilégié de réussite de l'appréhension des contenus muséaux par le visiteur. Le statut actuel du « visiteur », et plus généralement du « public » ne se comprend pas sans ces changements.

Le mouvement de recomposition des musées doit beaucoup à l'arrivée des centres de science, dont l'Exploratorium de San Francisco et le Centre des Sciences de l'Ontario de Toronto sont les archétypes. Ouverts l'un et l'autre en 1969, ils servent de points de repère, ayant marqué de leur empreinte presque tous les musées qui se sont ouverts depuis. Ce sont les premiers à avoir résolument fait de la communication avec leurs visiteurs le principal objectif de leur mission en transformant le musée en un espace de médiations multiples. Corollairement, ils ont conçu et réalisé des dispositifs essentiellement interactifs pour provoquer, stimuler et engager les visiteurs dans une démarche active de visite (voir *Musées de science et centres de science*).

Cette mise en médiation généralisée joue sur différents registres. Les musées d'art ont tendance à dissimuler toute trace de médiation,

bien qu'ils en instaurent néanmoins une avec les programmes de visite, les publications, les brochures, les conférences, etc. Les musées de sciences et techniques, eux, rendent cette médiation manifeste dans leurs dispositifs. Les musées de territoire, d'histoire, d'anthropologie et de société oscillent entre ces deux registres, quoiqu'avec un penchant marqué pour des dispositifs de médiation visibles. Ces trois types de musées renvoient donc à trois conceptions de la culture, et à trois modalités de sa mise en exposition. Ainsi, le musée d'art cherche par le face à face avec l'œuvre à provoquer l'expérience individuelle de la « transcendance », hors de tout discours et de toute référence sociale. Le musée de sciences et techniques entend plutôt favoriser la rencontre avec le savoir « vrai » des sciences en l'affranchissant des conditions sociales de son émergence : la médiation s'exhibe pour mieux marquer son caractère transitoire. Par contre, les autres musées, liés au référent social, mettent l'accent sur ce qui est « commun et partagé ». Ces conceptions de la culture subsument à la fois les mises en médiation et les mises en rapport des destinataires avec les savoirs et les représentations.

L'arrivée du visiteur dans le champ muséal n'a été ni fortuite ni soudaine (voir *Communication publique des sciences*). Trois groupes de facteurs, convergeant au tournant des années 1970, rendent visible la place grandissante du visiteur dans les représentations et les pratiques du musée. Le premier facteur est lié au développement des industries culturelles. Celles-ci se nourrissent de la montée en puissance de la communication, dont le poids sur les appareils culturels est ressenti dès la fin des années 1960. Cette pression s'exerce de deux façons : par un questionnement au sujet du soutien de l'État aux appareils culturels et par l'imposition de critères de performance calqués sur ceux du secteur privé. La recherche de la satisfaction du visiteur devient dans cette logique une composante-clé des formes de médiation recherchées par le musée.

Au premier plan de celles-ci : l'interactivité, qui s'impose comme mode de médiation et moyen d'optimiser la communication, elle aussi à partir des années 1970. Elle dérive d'un mouvement de réforme de l'éducation né aux États-Unis. Un rapport paru en 1970, *To Improve Learning*, donne le ton : la technologie éducationnelle, grâce à l'audiovisuel, bien utilisé, intégré à l'enseignement et soutenu par la recherche, augmentera l'efficacité de l'école. Bien que l'audiovisuel ne tiendra pas ses

promesses, l'esprit qui animait le programme perdurera. Les prémisses de la technologie éducationnelle ouvrent la porte au rapprochement de l'école et du musée. Celui-ci devient le laboratoire et la vitrine de l'école transformée: celle où l'« apprenant » est le maître d'œuvre de son processus d'apprentissage et où l'« enseignant », médiateur de ce processus, a pour tâche de faciliter l'accès aux sources d'informations recelées par les écoles, les bibliothèques... et les musées. L'interactivité se caractérise par le développement de dispositifs – quelles qu'en soient l'échelle et la portée – dont le potentiel ne se réalise que lorsque le visiteur – ou l'« apprenant » – assume la posture centrale qu'ils lui assignent. Nous retrouvons là, reformulé, le projet des pédagogies dites actives, alternatives, communautaires, coopératives, au cœur des réformes contemporaines des systèmes d'enseignement. Ces pédagogies sont aussi au fondement des techniques d'animation si prisées par les musées.

Le troisième groupe de facteurs concerne l'évaluation muséale. Chandler Screven soutenait, en 1976, que l'exposition devait être conçue et réalisée en fonction d'objectifs prédéterminés, dont il fallait mesurer l'atteinte à chaque étape de la production. Transposant dans le champ muséal un modèle emprunté aux sciences de l'éducation, il proposait un train de procédures pour optimiser la relation d'apprentissage instaurée par l'exposition et mesurer son rendement. L'accent mis sur la relation de communication, et donc sur les modalités de médiation, ne s'appréhende dès lors, dans la perspective d'évaluation destinée à les soutenir, que par une double démarche: a) une tentative de décrire l'évolution du comportement des visiteurs, et b) une transformation de la notion même de visiteur.



Le Marec, J. (2002), « Les musée en devenir? Une interrogation paradoxale », dans B. Schiele (dir.), *Patrimoines et Identités*, Québec, Éditions MultiMondes, Musée de la civilisation, p. 15-39.

Screven, Chandler (1976), « A Goal-Referenced Approach », *Curator*, vol. 19, n° 4, p. 271-290.

United States House Committee on Education and Labor (1970), *To Improve Learning – A Report to the President of the United States by the Commission on Instructional Technology*, Washington, U.S. Government Printing Office, mars.

## Quantification et mesure

*Stéphane Moulin et Jean-Pierre Beaud*

Dans une optique classique, la quantification et la mesure peuvent être conçues comme deux moments importants de la démarche scientifique. La quantification est une action qui conduit à transformer des qualités en quantités. Quantifier, c'est donc mettre en nombre un phénomène en adoptant un étalon et en construisant un instrument : par exemple, l'intensité d'un courant électrique est conventionnellement quantifiée en ampères avec un ampèremètre. En aval, la mesure désigne l'évaluation empirique d'un objet par un instrument. La mesure permet de comparer les théories entre elles en les confrontant au monde. Mesurer est aussi une pratique usuelle dans la vie quotidienne, quand il s'agit de déterminer le rapport qualité-prix des choses ou la quantité d'insuline à s'injecter en fonction d'un taux de glycémie. La quantification suppose donc tout un travail de conception alors que la mesure s'appuie sur ce travail sans nécessairement le prendre en compte. Nous n'avons pas besoin (ou ne pensons pas avoir besoin), dans la vie courante, de connaître les conventions à l'origine d'un outil de mesure comme le taux de chômage ou le PIB pour agir, décider, choisir. La mesure semble suffire. Comme l'indique Alain Desrosières, « quantifier, c'est convenir puis mesurer » (voir *Normes et standards* et *Sociopolitique de la statistique*).

Oublier ou confondre ainsi ces étapes conduit à quelques « problèmes » qu'une sociohistoire des sciences a mis en évidence. Par exemple, même si l'on peut, s'agissant d'un objet comme la hauteur d'une montagne, adopter un point de vue réaliste et parler d'une hauteur « vraie » et ignorer ainsi l'histoire, riche en débats de la métrisation du monde, on ne peut en revanche ignorer la série de controverses et de choix à la base d'une mesure du chômage. Un point de vue réaliste peut ainsi être distingué, comme le fait Desrosières, d'un point de vue conventionnaliste. Le premier, originaire des sciences de la nature, consiste à rechercher dans les nombres une fiabilité, une estimation sans biais, des intervalles de confiance ou des effets significatifs, en considérant l'objet à mesurer comme existant antérieurement et indépendamment de l'appareil d'observation. À l'opposé, l'optique conventionnaliste, inspirée de la sociohistoire des sciences, consiste à analyser

les controverses, les négociations et les compromis qui conduisent aux mises en nombre ou aux classifications. Par exemple, le métrologue cherche à connaître les effets épidémiologiques de la corpulence en estimant à partir de quel seuil d'IMC apparaît un risque significativement non nul de maladies cardiovasculaires, tandis que le conventionnaliste analyse le rôle de différents acteurs dans la construction de la convention de l'IMC (actuaire, Organisation mondiale de la santé...) ainsi que les controverses autour de la pertinence de l'usage de cet indicateur par rapport à d'autres (voir *Statistisation*).

En sciences physiques, la quantification moderne se développe en Europe au 15<sup>e</sup> siècle et les instruments de mesure fondamentaux apparaissent au 17<sup>e</sup> : balance, horloge, microscope. C'est la Révolution française qui lègue à la postérité le système métrique décimal qui unifiera les mesures au 19<sup>e</sup> et au 20<sup>e</sup> siècle. En sciences humaines et sociales, Quetelet ouvre la voie, en 1835, à la quantification moderne des attributs physiques et moraux en s'appuyant sur des enregistrements administratifs de plus en plus abondants et en remarquant que les statistiques des mariages, des crimes ou des suicides présentent le même type de stabilité que la distribution d'attributs physiques. Les concepts statistiques sont ensuite développés, non par des physiciens ou des réformateurs, mais par des idéologues opposés à l'intervention trop grande de l'État, notamment des eugénistes. Enfin, les quantifications se multiplient au 20<sup>e</sup> siècle sous l'effet du développement de l'appareil d'État et des technologies d'enregistrement, de l'informatique et des instruments de traitement statistique (voir *État, pouvoir et science* et *Sciences sociales*).

S'il est indéniable que les méthodes quantitatives sont centrales dans le développement des sciences, il reste que la représentation commune de la mesure est peu en accord avec la pratique scientifique réelle. Selon Kuhn, la représentation de la mesure comme test d'une nouvelle théorie ou comme exploration à l'origine de découvertes, véhiculée par les manuels de science, est erronée. En réalité, les scientifiques mettent du temps à confronter leurs théories au réel : la deuxième loi de Newton n'a été adéquatement mesurée qu'un siècle après sa formulation. Selon Kuhn, en sciences, les mesures ne constituent pas des faits confirmatoires ou exploratoires, mais permettent plutôt de produire des accords raisonnables ou de se prononcer sur la comparaison de plusieurs théories en développement (voir *Paradigme*).

En sciences humaines et sociales, la quantification a souvent suscité des critiques virulentes. Dès 1830, Balzac utilise, par dérision, le verbe « statistiquer » pour décrier cette propension à nous mesurer, nous scruter, nous mettre en chiffres. Dans *L'homme sans qualités*, Musil (1956) reproche à la quantification de dépersonnaliser les comportements en contribuant, par exemple, à « réduire la procréation et le suicide à des courbes annuelles qui révèlent le caractère forcé de ce que l'on croyait le résultat des décisions les plus libres ». Selon Sorokin, le recours à des mesures devient, quand on en use à mauvais escient ou qu'on l'applique à des phénomènes qui ne paraissent pas s'y prêter, une sorte d'obsession quanto-phrénique, n'apportant aucune lumière sur le monde psychosocial. En dépit de ces critiques, les possibilités que les méthodes quantitatives offrent de généraliser des associations entre phénomènes ou comportements leur ont donné un rôle privilégié dans le développement des sciences sociales appliquées. Grâce à elles, de nouvelles disciplines métrologiques spécialisées sont apparues, comme la psychométrie, l'épidémiologie ou la bibliométrie (voir *Bibliométrie*).



Adler, Ken (2005), *Mesurer le monde – 1792-1799: l'incroyable histoire de l'invention du mètre*, Paris, Éditions Flammarion [*The Measure of All Things. The seven-year odyssey and hidden error that transformed the world*, The Free Press, 2002].

Desrosières, Alain (2008), *Gouverner par les nombres*, Mines ParisTech, coll. « Les sciences sociales ».

— (1993), *La politique des grands nombres*, Paris, La Découverte.

Kuhn, T. S. (1961), « The function of measurement in modern physical science », dans H. E. Woolf (dir.), *Quantification. A History of the Meaning of Measurement in the Natural and Social Sciences*, New York, Bobbs-Merrill Co., p. 31-63.

Musil, Robert (1956), *L'homme sans qualités*, Paris, Éditions du Seuil.

Pire, Bernard (2011), « Mesure », *Encyclopedia Universalis*.

Porter, Theodore (1986), *The Rise of Statistical Thinking, 1820-1900*, Princeton University Press.

Quételet, Adolphe (1835), *Sur l'homme et le développement de ses facultés*, Paris, Fayard.

Sorokin, Pitirim (1959), *Tendances et déboires de la sociologie américaine*, Paris, Aubier, Éditions Montaigne, coll. « Sciences de l'homme ».

## Recherche et développement (R-D)

*Jorge Niosi*

Avant 1850, sauf de rares exceptions, la recherche était le fruit des efforts de savants travaillant isolément (comme Antoine Lavoisier en France ou Charles Darwin en Angleterre) et des lieux de rencontre où ils se réunissaient, comme la Société royale de Londres ou la Société linnéenne en Angleterre. Même des chercheurs reliés à l'industrie, comme James Watt, étaient en fait des inventeurs individuels (voir *Inventeur*). Les universités étaient consacrées essentiellement à l'enseignement, comme la célèbre Université de Bologne en Italie.

Au milieu du 19<sup>e</sup> siècle, la recherche et le développement (R-D) deviennent des activités institutionnalisées grâce à des innovations organisationnelles allemandes : l'université de recherche, le laboratoire industriel de recherche dans des entreprises comme Bayer et Siemens, et le centre public de recherche (voir *Université*). L'Allemagne veut alors combler ce qu'elle perçoit comme son retard en matière de science et de technologie vis-à-vis de l'Angleterre et de la France. Au cours des décennies suivantes, ce type d'organisation s'étend en Europe occidentale et en Amérique du Nord. Ainsi, le Canada et les États-Unis créent dès les années 1860 les premiers instituts publics de recherche agricole, puis les premiers laboratoires de recherche industrielle avant ou pendant la Première Guerre mondiale. Parallèlement, on voit surgir les premières universités de recherche, tandis que des entreprises européennes et nord-américaines créent des laboratoires internes de R-D. Aux États-Unis, la recherche industrielle émerge ainsi en 1900 avec la création du premier laboratoire privé de R-D par General Electric, suivie en 1902 par la firme Du Pont de Nemours (chimie) et, en 1909, par American Telephone and Telegraph (AT&T). Au Canada, alors que seules quelque 37 compagnies privées conduisent de la R-D en 1919, on en compte 51 en 1930. La Deuxième Guerre mondiale donne une impulsion majeure à la R-D dans tous les pays industriels. Les pays belligérants utilisent une panoplie de nouveautés issues de la recherche scientifique et technologique, dont le radar, le caoutchouc synthétique, les avions à réaction et surtout la bombe atomique. En 1941, le président Roosevelt fonde l'Office of Scientific Research and Development (OSRD), responsable

de nombreux projets dont le projet Manhattan, celui de la bombe atomique. En 1945, le directeur de l'OSRD, Vannevar Bush, écrit un rapport au président des États-Unis qui fait sensation, aux États-Unis et ailleurs : à partir de cette date, les pays industriels se lancent dans une course pour développer la R-D industrielle, publique et universitaire. Partout, des laboratoires publics, des fondations et des organismes subventionnaires sont créés, tandis que l'on fonde des universités nouvelles. Les gouvernements rivalisent d'ingéniosité pour inciter les entreprises à effectuer de la R-D (voir *Invention et innovation*).

La seconde grande impulsion en faveur de la R-D est venue de la science économique. En 1956, l'économiste américain Robert Solow montre avec des données empiriques que la majeure partie du développement économique vient non pas de l'investissement en capital ou de l'agrandissement du bassin de main-d'œuvre, comme on le pensait alors, mais de l'augmentation de la productivité attribuable à la technologie (voir *Économie, science et technologie* et *Externalités de la R-D*). Depuis, une grande quantité de recherches ont confirmé le rôle central de la technologie dans le développement. En 1963, l'OCDE tient une réunion dans la ville de Frascati et décide de rendre homogènes les mesures statistiques sur la R-D. Le *Manuel de Frascati* issu de cette rencontre en est à sa sixième édition, parue en 2003. Grâce à lui, les concepts de base ont été clarifiés et les pays membres de l'OCDE ont commencé à collecter des données homogènes sur leurs activités de R-D. De plus, les statistiques sur la R-D ont été rendues compatibles avec celles du Système des comptes nationaux (voir *Système statistique national*).

Définis dans ce cadre, « la recherche et le développement expérimental (R-D) englobent les travaux de création entrepris de façon systématique en vue d'accroître la somme des connaissances, y compris la connaissance de l'homme, de la culture et de la société, ainsi que l'utilisation de cette somme de connaissances pour de nombreuses applications » (OCDE, 2003, p. 34). Cette définition exclut donc l'enseignement et la formation, les services d'information scientifique et technique, la collecte des données d'intérêt général, les études de faisabilité, les travaux de normalisation, la production et autres.

Selon les dernières données publiées, les États-Unis ont dépensé en 2009 plus de 400 milliards de dollars en R-D, l'Europe des vingt-sept quelque 300 milliards, le Japon quelque 137 milliards et la Corée du Sud

quelque 47 milliards. Parmi les pays émergents, la Chine avait dépensé 154 milliards et la Russie, 34 milliards (chiffres en dollars américains courants et en parité de pouvoir d'achat). L'OCDE dans son ensemble avait dépensé 968 milliards au cours de cette année. En pourcentage du PIB, Israël y consacrait 4,46 % de sa production intérieure, la Finlande 3,92 %, la Suède 3,61 % et la Corée du Sud 3,56 %; parmi les grands pays, les États-Unis atteignaient la barre des 2,9 %, l'Allemagne 2,82 % et la Chine 1,7 %. Le Canada, lui n'investissait que 1,92 % de son PIB en R-D. Il faut cependant noter que les chiffres provenant de pays comme la Chine, la Russie, ou Singapour, qui ne sont pas membres de l'OCDE, ne sont pas construits avec les mêmes définitions et méthodes. Par ailleurs, tous les pays consacrent des parts de pourcentage différentes aux différents types de R-D, soit à la R-D industrielle, universitaire ou publique. Le Canada, à cet égard, est de ceux qui dépensent le plus en recherche universitaire et le moins en recherche industrielle (voir *Financement de la science*).



Bush, V. (1945), *Science the Endless Frontier*, Washington, US Government Printing Office, <http://www.nsf.gov/about/history/vbush1945.htm>.

Hounshell, D. A. (1996), « Evolution of industrial research in the United States », dans R. S. Rosenbloom et W. J. Spencer (dir.), *Engines of Innovation*, Boston (MA), Harvard Business School Press, p. 13-85.

Niosi, J. (2000), *Canada's National System of Innovation*, Montréal, McGill Queen's University Press.

OCDE (2003), *Manuel de Frascati 2002. Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental*, Paris.

— (2011), *Principaux indicateurs de la science et de la technologie*, Paris, vol. 2.

Solow, R. (1956), « A Contribution to the Theory of Economic Growth », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, n° 1, p. 65-94.

## Relativisme

*Vincent Guillin*

Pour nombre de ceux qui tiennent la science pour la meilleure source de connaissance objective justifiée sur le monde, l'apparition et le développement, à partir des années 1960, de ce que l'on désigne aujourd'hui

sous le vocable STS a été le synonyme d'une remise en cause illégitime du statut d'« exceptionnalité épistémologique » qu'on avait jusque-là accordé à l'entreprise scientifique. Cette réaction tient principalement au fait que l'on accuse les STS de véhiculer une conception relativiste de la science, c'est-à-dire de soutenir que les propositions scientifiques ne peuvent pas être justifiées empiriquement de manière objective et que la crédibilité d'une hypothèse ou d'une théorie scientifique est fonction de déterminants sociaux (voir *Sociologie des sciences* et *Épistémologie*).

Pour bien saisir la nature du défi relativiste posé par les STS, il est utile de noter que certaines formes de relativisme sont tout à fait compatibles avec la conception traditionnelle de la science conçue comme discours objectif justifié empiriquement. Ainsi, quand Auguste Comte, le fondateur du positivisme moderne, affirme « tout est relatif; voilà le seul principe absolu », l'enquête scientifique est certes reconduite à sa dimension anthropologique (la connaissance scientifique est celle d'un sujet humain) et par là même rapportée aux conditions gnoséologiques propres à l'humanité, mais sans qu'il faille y voir un danger pour l'objectivité de la science dans la mesure où, d'une part, cette relativisation doit nous prémunir contre tout dogmatisme et nous dissuader de formuler des explications absolues invérifiables, et, d'autre part, parce qu'elle fournit la pierre de touche empirique nous permettant d'éprouver la vérité de nos propositions en soumettant nos théories, au moyen de prédictions ou d'expérimentations, au verdict des phénomènes. De la même manière, quand l'empirisme logique opère la distinction entre « contexte de découverte » et « contexte de justification » (Reichenbach), il prend bien acte du fait que la formulation et la diffusion de nos hypothèses et théories sont bien relatives à tout un ensemble de déterminants sociaux (culturels, idéologiques, économiques, de genre) ou individuels (psychologiques ou biographiques), mais considère qu'indépendamment de leur mode d'élaboration, de production et d'énonciation, leur valeur scientifique dérive uniquement des liens logiques et probatoires privilégiés qu'elles entretiennent avec les faits (sur le mode de la justification chez les empiristes logiques, ou de la « corroboration » chez Popper; voir *Lois scientifiques*).

C'est justement à cette thèse d'une connaissance scientifique qui se fonderait sur les faits et sa confrontation directe avec eux que les STS se sont attaquées. Pour résumer grossièrement, on pourrait dire

que l'assaut a été mené sur deux fronts, l'un historique, l'autre philosophique. D'une part, en s'inspirant des analyses menées par Kuhn dans sa *Structure des révolutions scientifiques*, on a voulu montrer que, dans la mesure où les théories ou les hypothèses scientifiques s'intégraient au cadre de « paradigmes » plus larges qui déterminent non seulement les méthodes légitimes de recherche, mais aussi les procédures de validation et l'ontologie du champ d'investigation considéré, la succession historique des théories ou des hypothèses ne pouvait s'opérer en fonction d'une supposée plus grande capacité à expliquer les faits, évaluée selon une mesure empirique plus ou moins complexe, parce qu'en passant d'un paradigme à un autre, une « révolution scientifique » nous ferait littéralement changer de monde, aussi bien du point de vue ontologique (les phénomènes propres au *kosmos* aristotélicien sont irréductibles à ceux caractéristiques du monde de la physique classique) qu'épistémologique (la quantification mathématique n'est pas pertinente pour l'explication des phénomènes matériels dans la physique aristotélicienne, alors qu'elle est au cœur de l'investigation scientifique chez Galilée ou Newton). Il n'y aurait donc plus de critère factuel de référence indépendant et objectif qui nous permettrait de départager deux théories concurrentes relevant de paradigmes différents et il faudrait se résoudre à tenir théories et hypothèses pour relatives au paradigme dont elles dépendent, ce dernier étant lui-même soustrait par principe à toute évaluation empirique objective (voir *Paradigme et Théorie scientifique*).

D'autre part, une approche philosophique inspirée de Wittgenstein et nourrie de travaux sociologiques et anthropologiques a élargi la perspective précédente en soulignant à la fois l'imprégnation théorique des propositions qui semblent pourtant se référer le plus directement à des états de fait, la dimension normative de l'application des concepts aux objets, et l'absence de démonstrations convaincantes de l'universalité des règles d'inférence traditionnellement associées à la pensée rationnelle. C'est sur la base de ce constat que les sociologues partisans du « Programme fort » ont fait du « relativisme » la position méthodologique la plus appropriée pour l'étude des discours scientifiques dans la mesure où, tout critère de jugement objectif faisant défaut, il faudrait chercher dans le contexte social dans lequel une théorie ou une hypothèse a été développée et diffusée les causes de son

succès ou de son échec, c'est-à-dire de sa crédibilité (voir *Théorie de l'acteur-réseau*).

Cette approche, qui a grandement contribué au développement du mouvement STS, a fait l'objet de vives critiques par certains scientifiques qui refusent de voir le discours scientifique réduit à n'être qu'un discours socialement déterminé comme les autres. Elle a aussi été critiquée par des philosophes qui rejettent ses conclusions sceptiques quant à l'objectivité et à la rationalité de la connaissance scientifique (voir *Objectivité et régulation*).



Barnes, B. et D. Bloor (1982), « Relativism, Rationalism and the Sociology of Knowledge », dans M. Hollis et S. Lukes (dir.), *Rationality and Relativism*, Cambridge, MIT Press, p. 21-47.

Barnes, B., D. Bloor et J. Henry (1996), *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis*, Londres, Athlone.

Bloor, D. (1991 [1976]), *Knowledge and Social Imagery*, 2<sup>e</sup> édition, University of Chicago Press.

Comte, A. (1929 [1851-1854]), *Système de politique positive*, Paris, Société positiviste, 4 tomes.

Dubois, M. (2001), *La nouvelle sociologie des sciences*, Paris, PUF.

Gross, P. R. et N. Levitt (1994), *Higher Superstition: The Academic Left and Its Quarrels with Science*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

Hollis, M. et S. Lukes (dir.) (1982), *Rationality and Relativism*, Cambridge, MIT Press,

Kuhn, T. S. (1983 [1962-1970]), *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.

Newton-Smith, W. (1981), *The Rationality of Science*, Londres, Routledge.

Reichenbach, H. (1938), *Experience and Prediction*, University of Chicago Press.

## Représentations sociales

*Élisabeth Gauthier*

Suivre la trajectoire sociale des idées scientifiques: tel est le projet du «*public understanding of science*», qui s'étend de l'analyse de la littérature à celles de la communication scientifique et des controverses (voir *Controverse* et *Communication publique des sciences*). Ces traditions de recherche s'opposent parfois sur le statut du savoir «profane» qu'elles prennent pour objet, tantôt conçu comme distorsion des savoirs experts

(voir *Scientisme et politique*), tantôt comme résistance créatrice à ces savoirs (voir *Usager, figures de l'usager*). L'analyse des représentations sociales (RS) se situe résolument dans la seconde mouvance. Elle veut saisir comment des groupes construisent un savoir propre à propos d'objets, de concepts, de technologies ou de terminologie scientifique.

La théorie des RS est née de la curiosité de Serge Moscovici pour les relations science-société, en particulier pour l'appropriation des notions psychanalytiques dans divers contextes sociaux. On pourrait en fait parler d'une renaissance, car le concept se situe en effet dans la filiation des « représentations collectives » de Durkheim. La formule « représentation sociale » désigne un savoir commun, construit par un groupe à propos d'un objet, et qui permet au groupe de se définir et d'orienter ses actions. Les définitions usuelles véhiculent deux acceptions de ce savoir « commun ». La première est celle de « bon sens », de « sens commun », qui réfère au savoir populaire et le distingue des savoirs experts. La seconde parle de savoir « partagé » au sein d'un groupe, sans associer d'emblée ce groupe aux profanes ou au « peuple ». Doise estime ainsi qu'il n'y a pas lieu d'accentuer la séparation entre représentations sociales et savoirs scientifiques, puisque les premières interviennent dans l'élaboration des seconds et peuvent se confondre en partie avec eux. Ailleurs, il note leur présence, sous la forme de théories naïves, en amont de la production scientifique et en aval dans le travail de vulgarisation.

Soulignons au passage les affinités de la théorie des RS et de la sociologie du savoir scientifique. Toutes deux adoptent une approche constructiviste des savoirs, sans juger *a priori* de leur valeur ou de leur vérité; toutes deux se penchent principalement sur le discours, sans exclure d'autres lieux de lecture comme les pratiques sociales ou les images. Bloor présentera d'ailleurs la théorie de l'atome de Bohr et la théorie géologique du mouvement des continents comme des représentations collectives, c'est-à-dire des concepts (groupes d'images similaires) communs à une pluralité d'individus, produits d'une communauté plus ou moins spécialisée de savants et d'acteurs (voir *Théorie scientifique et Paradigme*).

Un groupe mis en présence d'un objet nouveau l'associera à des images et à des métaphores (processus d'objectivation) et à des catégories symboliques préexistantes (processus d'ancrage), le transformant

ainsi en savoir familier, utilisable. La RS servira au groupe à identifier ses membres et à en exclure les intrus : par exemple, la représentation que construisent les médecins de concepts comme la science ou la santé leur permet de se reconnaître comme scientifiques et de se distinguer des charlatans. Une représentation partagée est aussi la preuve de l'existence du groupe qui la produit. Ce constat peut sembler évident mais rejoint en fait un des enjeux de l'analyse des RS, la définition du groupe (voir *Champ*).

Des caractéristiques communes à plusieurs individus suffisent-elles à les constituer en tant que groupe aux fins de l'étude des RS, ou leur faut-il interagir, partager des normes, des valeurs ? Wagner estime que les RS ne se créent que dans les groupes réflexifs, dont les membres connaissent leur appartenance au groupe et disposent de critères pour savoir qui d'autre en fait partie. Par opposition, un groupe nominal n'a de réalité que du point de vue d'un observateur extérieur qui crée des catégories (voir *Catégorie*). Ce qui n'empêche pas, selon Doise, de définir un groupe au préalable par des critères externes pour ensuite vérifier, de façon empirique, à quel point ses membres présumés partagent une représentation commune. De même, l'objet de la représentation répondra à certains critères. Il sera idéalement nouveau ou complexe – beaucoup d'objets scientifiques le sont. Il aura valeur d'enjeu pour un groupe, en particulier pour son identité, sa cohésion ou ses rapports avec d'autres groupes.

La théorie des RS trouve aisément sa pertinence dans le champ des STS, qu'il s'agisse de comparer les RS de la biotechnologie chez des groupes d'ingénieurs et d'écologistes, d'étudier le travail de définition des frontières (*boundary work*) d'infirmières pour se définir comme corps professionnel autour d'une représentation des soins, ou d'observer comment les chercheurs, par leurs demandes de subvention, construisent une RS de la nanotechnologie qui, une fois convertie en définitions par les organismes subventionnaires, redéfinit la communauté des chercheurs en nanotechnologie (voir *Objet-frontière* et *Interdisciplinarité*). C'est l'efficace des RS, leur pouvoir de modifier en retour le contexte social qui les crée.



- Bauer, M. W. et G. Gaskell (1999), « Towards a Paradigm for Research on Social Representations », *Journal for the Theory of Social Behaviour*, vol. 29, n° 2, p. 163-186.
- (2008), « Social Representations Theory: A Progressive Research Programme for Social Psychology », *Journal for the Theory of Social Behaviour*, vol. 38, n° 4, p. 335-353.
- Bloor, D. (1997), « Collective Representations », dans G. Forrai (dir.), *Images and Reality. Proceedings of the 1996 Miskolc Conference on Science and Representations* (Miskolc, 13-15 juin 1996), Miskolc, p. 13-23.
- Doise, W. (1982), *L'explication en psychologie sociale*, Paris, Presses universitaires de France.
- (1990), « Les représentations sociales », dans J.-F. Richard, R. Ghiglione et C. Bonnet (dir), *Traité de psychologie cognitive*, Paris, Dunod, vol. III, p. 113-174.
- Doise, W. (1993), « Debating Social Representations », dans G. Breakwell (dir.), *The Empirical Study of Social Representations*, Oxford University Press, p. 157-180.
- Elejabarrietta, F. (1996), « Le concept de représentation sociale », dans J. C. Deschamps et J. L. Beauvois (dir.), *Des attitudes aux attributions : sur la construction de la réalité sociale*, Presses universitaires de Grenoble, p. 137-150.
- Mariotti, F. (2003), « Tous les objets sociaux sont-ils objets de représentations sociales ? Questions autour de la pertinence », *JIRSO*, vol. 1, n° 1, p. 2-18.
- Moscovici, S. (1961), *La psychanalyse, son image et son public*, Paris, Presses universitaires de France.
- Orfali, B. (2000), « Les représentations sociales : un concept essentiel et une théorie fondamentale en sciences humaines et sociales », *L'année sociologique*, vol. 50, n° 1, p. 235-254.

## Réseau socionumérique

*Serge Proulx*

Un nouveau type de sites Web a émergé au début de la décennie 2000 : les sites de réseaux socionumériques (SRS), appelés aussi « sites de réseaux sociaux ». Selon Boyd, trois éléments fondamentaux constituent ce dispositif sociotechnique. Le premier attribut est la présence de profils d'utilisateurs comportant un identifiant (nom, pseudonyme) et des renseignements personnels (âge, sexe, lieu de résidence, scolarité, goûts et intérêts, etc.). Ces profils peuvent contenir des photos, des vidéos ou des textes ainsi que des informations concernant la dernière connexion de l'utilisateur. Le second attribut est que ces profils sont connectés au moyen d'une « technologie de réseau » : chaque utilisateur peut désigner

un autre profil comme «ami» ou «contact» et, dans la mesure où ces demandes sont confirmées, se constituer ainsi un réseau personnel de contacts. Un graphe de ce réseau peut être visible à l'utilisateur lui-même ou à ses contacts, en fonction de l'architecture technique propre de chaque site. Il devient alors possible pour un utilisateur de circuler transversalement dans l'ensemble du circuit en passant par le réseau personnel de chacun de ses contacts (d'«amis» en «amis d'amis»). Un paramétrage de confidentialité rattaché à chaque profil peut bloquer l'accès à certains réseaux personnels. Le troisième attribut est que des commentaires publics ou semi-publics sont ajoutés par les utilisateurs sur les différents profils de leurs contacts. Ces commentaires peuvent perdurer sur le site, peuvent être effacés si l'architecture technique du site le permet, et se succèdent rétro-chronologiquement à la manière d'un blogue. Ces échanges et ajouts permettent des interactions entre les utilisateurs d'un même site.

Devant l'ampleur du phénomène – en 2011, le site Facebook comptait 750 millions d'inscrits –, nous pourrions le décrire comme l'émergence d'un loisir de masse à l'échelle du globe. La fonction *manifeste* du dispositif consiste à rendre possible la constitution de cercles d'amis et l'organisation d'événements. Cette fonction manifeste est assurée par un double processus de mobilisation et d'accroissement du capital social propre à chacun des utilisateurs. En même temps, il existe une fonction *latente* au dispositif: les activités autour de ce type de plateformes engendrent une collecte, par les firmes propriétaires des plateformes, de données personnelles sur les utilisateurs.

Quatre dimensions apparaissent importantes à prendre en compte pour conduire toute analyse sociologique des sites de réseaux socionumériques. La première de ces dimensions est l'architecture technique de la plateforme. Le design de l'interface contient, par les choix techniques qui ont influencé sa construction, une série de postulats implicites qu'il apparaît primordial de débusquer. Une décision technique exprime en effet, le plus souvent, des choix plus ou moins explicites et qui sont de nature éthique et politique. Le dispositif n'est pas neutre. Il y a des fonctionnalités qui sont permises par l'interface et d'autres qui ne le sont pas. Ces possibilités et contraintes sont telles en raison des choix des concepteurs de l'interface. Ces choix d'entreprise restent invisibles à la plupart des utilisateurs. Or, ils sont importants à expliciter afin

de développer une meilleure maîtrise du dispositif (voir *Construction sociale des technologies* et *Déterminisme technologique*).

Une seconde dimension est la structure des interactions sociales qui s'y déroulent. Di Gangi et Wasco ont dressé une liste d'indicateurs d'interactions : la nature et la qualité des dialogues ; la facilité d'une accessibilité à l'autre ; la possibilité d'une transparence affichée ; la liberté d'une prise de risque dans l'interaction. Un critère important concerne le contenu des échanges : il ne s'agit pas d'analyser la nature même des contenus, mais plutôt de voir si les échanges sont suffisamment signifiants pour les usagers eux-mêmes. Dans la mesure où ils sont signifiants, cette situation d'interaction pourra enclencher des routines d'interaction.

Une troisième dimension est l'expérience de l'utilisateur du site. La nature de cette expérience peut osciller entre un usage passif des fonctionnalités offertes – l'interface offre des options à l'utilisateur qui clique, explore légèrement l'environnement numérique mais ne va pas plus loin – et des comportements proactifs de l'utilisateur, qui s'engage alors activement sur la plateforme, apporte sa contribution, recherche et explore plus à fond toutes les possibilités du dispositif.

Une quatrième dimension est la qualité de la contribution de l'utilisateur dans l'univers numérique. Il y a des niveaux distincts de prestation numérique : une prestation légère ou intermédiaire, ou encore celle d'un usager expert ou d'un professionnel. Un utilisateur peut, par exemple, se contenter de commenter la vidéo d'un ami (contribution légère), alors que la création d'un groupe ou d'une cause pour susciter la mobilisation de membres constitue plutôt une contribution intermédiaire (voir *Amateurs* et *Innovation ouverte*). L'usager expert, lui, va proposer des applications à ajouter sur le site. Enfin – dans une catégorie à part, au sens où il ne s'agit pas d'usagers à proprement parler –, les professionnels du Web (développeurs externes, publicitaires, médias traditionnels) vont utiliser ces réseaux selon une logique marchande (voir *Usager, figures de l'usager*).



Auray, N. (2009), « Communautés en ligne et nouvelles formes de solidarité », dans C. Licoppe (dir.), *L'évolution des cultures numériques. De la mutation du lien social à l'organisation du travail*, Limoges, FYP éditions, p. 58-66.

- Boyd, D. (2006), « Social network sites: my definition », [www.zephoria.org/thoughts/archives/2006/11/10/social\\_network-2.html](http://www.zephoria.org/thoughts/archives/2006/11/10/social_network-2.html).
- (2007), « Viewing American class divisions through Facebook and MySpace », *Apophenia Blog Essay*, [www.danah.org/papers/essays/ClassDivisions.html](http://www.danah.org/papers/essays/ClassDivisions.html).
- Cardon, D. (2008), « Le design de la visibilité. Un essai de cartographie du Web 2.0 », *Réseaux*, vol. 152, p. 93-137.
- Di Gangi, P. M. et M. Wasco (2009), « The Co-creation of Value: Exploring User Engagement in User-Generated Content Websites », *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, vol. 9, n° 50, <http://sprouts.aisnet.org/9-50>.
- Granjon, F. et J. Denouël (2010), « Exposition de soi et reconnaissance de singularités subjectives sur les sites de réseaux sociaux », *Sociologie*, vol. 1, n° 1, p. 25-43.
- Livingstone, S. (2008), « Taking risky opportunities in youthful content creation: teenagers' use of social networking sites for intimacy, privacy and self-expression », *New Media & Society*, vol. 10, n° 3, p. 393-411.
- Millerand, F., S. Proulx et J. Rueff (dir.) (2010), *Web social, mutation de la communication*, Presses de l'Université du Québec.
- Proulx, S. et M. J. Kwok Choon (2011), « L'usage des réseaux socionumériques: une intériorisation douce et progressive du contrôle social », *Hermès*, vol. 59, Paris, p. 105-111.
- Tufekci, Z. (2008), « Grooming, Gossip, Facebook and MySpace. What can we learn about these sites from those who won't assimilate? », *Information, Communication & Society*, vol. 11, n° 4, p. 544-564.

## Risques technologiques

*Nathalie de Marcellis-Warin et Ingrid Peignier*

Les risques technologiques sont engendrés par l'activité humaine. Ils peuvent être définis selon trois dimensions: la technologie elle-même, le danger qu'elle représente, et l'incertitude qui découle de l'innovation technologique.

Les technologies se retrouvent partout. Elles facilitent les activités des organisations mais les rendent aussi dépendantes. En effet, les technologies sont devenues une composante critique de n'importe quelle opération et l'une des clés pour atteindre des objectifs (voir *Économie, science et technologie*). Que ce soit l'interruption d'accès à un dossier patient informatisé, l'arrêt d'opérations sur une chaîne de montage à la suite d'une panne ou la perte de données d'une institution financière, les risques « technologiques » peuvent avoir un impact important sur le bon fonctionnement, voire la survie, des organisations (voir *Technologie*).

Les risques technologiques sont plus généralement définis par rapport au danger qu'ils représentent. L'Association canadienne de normalisation les définit comme « la mesure de la probabilité et de la gravité d'un effet néfaste sur la santé, les biens matériels et l'environnement ». M. Élisabeth Paté-Cornell emploie une définition similaire en y ajoutant la nature du phénomène qui peut causer des dommages : explosion, échappement de gaz toxiques, radioactivité, feu, pollution de l'eau, etc. Selon le guide du CRAIM, le danger, accolé à une matière, reflète des propriétés indésirables comme l'inflammabilité, la toxicité, la corrosivité, l'explosivité, etc.

Les risques technologiques regroupent les risques industriels, les risques reliés au transport de matières dangereuses, les risques nucléaires, les risques biologiques, les risques de rupture de barrage ou encore les risques miniers. Dans certains cas, on parle de risques technologiques majeurs pour désigner des événements peu probables mais aux conséquences catastrophiques, comme la fuite de dioxine dans une usine chimique de Seveso en 1976, l'explosion d'une usine chimique à Bhopal en 1984, ou les catastrophes nucléaires de Tchernobyl en 1986 et de Fukushima en 2011.

Avec l'innovation technologique, les risques technologiques sont devenus plus complexes, plus diffus, susceptibles de toucher des zones géographiques, des populations et des organisations qui jusque-là ne se sentaient pas concernées. Par exemple, malgré les progrès réalisés ces dernières années dans le contrôle du rejet de substances toxiques, l'OCDE s'inquiète de plus en plus de déceler dans l'environnement des produits chimiques persistants, bio-accumulatifs et/ou toxiques.

Ainsi, l'émergence de technologies, telles que les biotechnologies, les nanotechnologies ou la génomique, pose la question des « nouveaux risques technologiques ». Par exemple, les nanotechnologies sont porteuses d'un énorme potentiel technologique qui toucherait de nombreux secteurs d'activité, tout en comportant encore de grandes incertitudes et un fort déficit de connaissances sur, par exemple, les risques spécifiques des nanoparticules pour la santé. L'incertitude s'est ainsi paradoxalement immiscée au sein de sociétés qui, au départ, avaient choisi les progrès technologiques pour diminuer les risques (voir *Gestion de la technologie*).

Les risques technologiques rassemblent donc une grande variété de risques. L'exposition au risque et la perception qu'en a la collectivité évoluent (voir *Représentations sociales*). Les débats autour du risque, de sa mesure, de son acceptabilité et de la responsabilité peuvent mettre en cause la légitimité de certaines technologies et des entreprises qui les développent. Par exemple, même si toutes les sources d'énergie comportent des risques (un barrage hydroélectrique peut céder ou une centrale thermique peut exploser), l'énergie nucléaire est celle qui a toujours fait le plus peur. La définition de critères d'acceptabilité du risque technologique est donc une étape-clé dans le processus de gestion du risque, dans la mesure où elle motive la nécessité de considérer de nouvelles mesures de réduction du risque et, rétroactivement, influence les façons de mener l'analyse et l'évaluation du risque (voir *Controverse et Évolution de la réglementation*).



Canadian Standard Association / Association Canadienne de Normalisation – CSA/ACNOR (1991), « Exigences et guides pour l'analyse de risques », CAN/CSA-Q634-91, Toronto (ON).

Chauveau, A. et J. J. Rosé (2003), « La société du risque », *L'entreprise responsable*, Éditions d'Organisation, chapitre 5.

Conseil régional des accidents industriels majeurs – CRAIM (2007), *Guide de Gestion des risques d'accidents industriels majeurs*.

De Marcellis-Warin, N., I. Peignier (2012), *La perception des risques au Québec – Baromètre CIRANO 2012*, Presses Internationales Polytechnique.

De Marcellis-Warin N., I. Peignier, B. Sinclair-Desgagné et E. Clément (2004), « Mesure du risque industriel majeur », dans B. Aubert et J.-G. Bernard (dir.), *Mesure intégrée du risque dans les organisations*, Presses de l'Université de Montréal, octobre, p. 163-212.

OCDE (2001), *OECD Environmental Outlook for the Chemicals Industry*, rapport.

Ostiguy, C., B. Roberge, C. Woods et B. Soucy (2010), « Les nanoparticules de synthèse – Connaissances actuelles sur les risques et les mesures de prévention en SST », *Études et recherches / Rapport R-646*, Montréal, IRSST.

Paté-Cornell, M. E. (2002), « Risk and uncertainty analysis in government safety decisions », *Risk Analysis*, vol. 22, n° 3, p. 633-646.

Sinclair-Desgagné, B., D. Feigenbaum et A. Nsamirizi (2006), « Les nanotechnologies : bénéfices et risques potentiels », *Rapport Bourgogne 2006 RB-02*, CIRANO.

## Science

*François Duchesneau*

Le terme « science » est polysémique. À toutes les époques il a connu une pluralité de sens ; il a été également sujet à maintes altérations diachroniques, en particulier suivant les référents auxquels il s'est trouvé successivement lié.

Selon la leçon des philosophes de l'Antiquité, le terme « science » paraît renvoyer à un discours rationnel, c'est-à-dire démonstrativement articulé, quel que soit l'objet spécifique sur lequel il porte et dont il constitue l'explicitation. De ce point de vue, les mathématiques, et plus particulièrement la géométrie euclidienne, semblaient fournir le paradigme de la science. La science ainsi comprise consisterait en un ensemble systématique de théorèmes déductivement interreliés et dépendant ultimement de principes intelligibles, à savoir des définitions et axiomes portant sur des idées ou formes mathématiques connaturelles à l'esprit humain : la procédure déductive qui caractérise le modèle de la science se conformerait aux lois fondamentales de la raison, représentées par le principe de contradiction. Notamment chez Aristote, la logique et dans une certaine mesure la philosophie spéculative, voire par la suite certains domaines des mathématiques appliquées comme la statique d'Archimède, entreprendront de se rattacher à cette conception formelle et normative de la science (voir *Philosophie de la science*). Dans le champ des connaissances humaines, à la science s'opposait alors l'« histoire », savoir d'observation et de description des occurrences particulières formant le monde contingent des phénomènes. À ces occurrences s'appliquerait l'inférence inductive qui mène à de simples généralisations empiriques sans force démonstrative, mais l'induction ainsi entendue et l'analogie qui en étend la sphère d'application permettraient de formuler des conjectures plus ou moins vraisemblables sur l'ordre inhérent aux phénomènes naturels : ces hypothèses se justifieraient pour autant qu'on parviendrait par leur truchement à « sauver les apparences ».

Le concept de science évolue de façon significative du 16<sup>e</sup> au 21<sup>e</sup> siècle. Traitant de modes de connaissance ordonnés au passage d'un monde clos à l'univers infini, n'a-t-on pas en effet parlé de Révolution

scientifique des temps modernes ? Ce redimensionnement de l'objet va de pair avec une transformation radicale des méthodes et des catégories épistémologiques caractérisant la démarche scientifique. L'invention mathématique intervient ici pour une part avec le développement d'algorithmes aptes à fournir de puissants instruments pour l'analyse des phénomènes : pensons entre autres à la géométrie algébrique, au calcul infinitésimal, au calcul des probabilités et à ses applications statistiques. Une science des phénomènes va notamment pouvoir se constituer, en dépassement du niveau empirique des observations, par la formulation de lois où s'intègrent des modèles s'appuyant sur ces inventions mathématiques (voir *Lois scientifiques*). Prenons comme exemples à cet égard la loi de Galilée sur la chute des corps ou celle de Snell-Descartes sur la réfraction du rayon lumineux traversant des milieux de densité différente.

Mais là n'est pas la seule transformation interne ayant affecté le concept de science. Celui-ci annexe systématiquement les composantes de l'« histoire » au sens ancien, en les transformant en une méthode d'investigation et d'enregistrement des données d'expérience, mobilisant observation, description, classification et manipulation expérimentale. Deux autres facettes de l'opération « science » doivent être aussi prises en compte : la définition de cadres théoriques et le pouvoir explicatif dévolu aux hypothèses. Le cadre théorique de la nouvelle physique s'est constitué grâce à la mise au point d'une vision mécaniste et corpusculaire des réalités naturelles et de leurs modes d'interaction. On peut à juste titre s'interroger sur le statut épistémologique de telles entités théoriques et sur leur rapport surdéterminé aux données d'observation, mais il est indéniable qu'historiquement les concepts correspondants ont résulté d'une convergence entre spéculation rationnelle et recherche empirico-inductive. Ce statut ambivalent propre à leurs fondements théoriques est resté attaché aux constructions scientifiques depuis lors et n'a eu de cesse d'alimenter le questionnement épistémologique des philosophes et historiens des sciences. Il en est de même de la production d'explications par voie d'hypothèses. L'hypothèse se présente comme une proposition explicative que l'entendement construit et dont il se sert pour rendre compte, parfois causalement, de corrélations régulières observées entre phénomènes. Elle résulte, à bien des égards, d'un acte de spéculation visant à étendre la compréhension de l'ordre des

choses au-delà de la zone des évidences acquises. Lorsque Newton professe qu'il ne fabrique pas d'hypothèses, il convient d'entendre qu'il ne spéculé pas de façon arbitraire sans possibilité de validation empirique. Réfléchissant sur la méthode de la science, Leibniz établit pour sa part que l'hypothèse peut être un succédané acceptable pour une certitude démonstrative que l'on ne saurait atteindre, pourvu que l'hypothèse soit corroborée par les faits empiriques attestés, qu'elle soit conforme aux normes les plus élevées d'intelligibilité théorique et surtout qu'elle serve à découvrir de nouvelles vérités empiriques, élargissant ainsi la sphère des connaissances scientifiques validées. La validation de toute hypothèse de science est une opération qui se justifie en partie logiquement, en partie pragmatiquement. Or, de la formulation des hypothèses découle la détermination des lois, et celles-ci se situent au cœur de l'explication scientifique (voir *Théorie scientifique*).

On ne s'étonnera donc pas que se produise un foisonnement d'interrogations justifiées sur la science, objet de recherche problématique de second degré, comme l'illustrent nombre d'études contemporaines sur ce thème. Certes, d'un point de vue philosophique, le 20<sup>e</sup> siècle nous a offert une représentation quasi standard de la science qu'a pérennisée le modèle déductif nomologique de Hempel. Suivant ce modèle, les énoncés de loi sont présumés fournir les prémisses d'arguments qui, associés à d'autres prémisses stipulant les conditions circonstancielles d'application, permettraient de déduire les énoncés descriptifs des corrélations empiriques correspondantes. Or, force est de constater que ce style d'argument n'est formellement valide que sous le mode de l'infirmité ou falsification (*modus tollens*). La limitation effective d'une telle approche a pu d'ailleurs donner lieu à une différenciation marquée des logiques présumées de la découverte et de la justification, notamment selon Popper. Mais plus largement, tant en matière d'invention et d'évolution qu'en matière de logique interne, le discours scientifique apparaît comme un ensemble complexe d'éléments dont l'analyse requiert la prise en compte de paramètres multiples, les uns relatifs à la base empirique, les autres relatifs à la structure théorique et aux modèles explicatifs, mais certains, tout aussi fondamentaux, se rapportant aux pratiques des communautés humaines impliquées et aux valeurs qui les animent.



- Anstey, Peter (2011), *John Locke and Natural Philosophy*, New York, Oxford University Press.
- Duchesneau, François (1993), *Leibniz et la méthode de la science*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Duhem, Pierre (1981 [1914]), *La Théorie physique. Son objet, sa structure*, 2<sup>e</sup> édition, Paris, Vrin.
- Falcon, Andrea (2005), *Aristotle and the Science of Nature: Unity without Uniformity*, Cambridge University Press.
- Grmek, Mirko Drazen (1997), *Le legs de Claude Bernard*, Paris, Fayard.
- Guicciardini, Niccolò (2009), *Isaac Newton on Mathematical Certainty and Method*, Cambridge (MA), MIT Press.
- Kuhn, Thomas S. (1983), *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.
- Van Fraassen, Bas C. (1980), *The Scientific Image*, Oxford University Press.

## Sciences sociales

*Jean-Philippe Warren*

Les sciences sociales sont des instruments de savoir autant que de pouvoir ; c'est donc dans ces deux sens qu'elles doivent être définies. D'une part, elles permettent d'analyser avec les méthodes de la science la réalité humaine afin de mieux saisir les mécanismes qui la régissent au niveau conscient et inconscient. D'autre part, elles ordonnent forcément par leurs discours et leurs pratiques les pensées et les comportements des hommes et des femmes en société.

On peut faire remonter l'apparition des sciences sociales à l'Antiquité. La *Politique* d'Aristote commence ainsi par une enquête empirique des cités grecques et se prolonge en une classification idéal-typique de leurs constitutions. Cela dit, il vaut mieux réserver le terme « sciences sociales » à une période plus récente, c'est-à-dire à l'époque où l'on a voulu appliquer les principes de la science positive des Lumières aux comportements humains. Émile Durkheim a sans doute le mieux marqué cette ambition avec la publication de *Règles de la méthode sociologique* (1894), un livre directement inspiré par l'*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865) du médecin Claude Bernard.

Dans un premier temps, malgré parfois de grandioses déclarations (pensons à Auguste Comte), les travaux des praticiens ont continué à se situer à la frontière de la philosophie morale et de la science (voir, en économie, ceux d'Adam Smith). Ce n'est que peu à peu que les sciences sociales ont conquis leur autonomie relative par rapport à d'autres disciplines déjà bien établies, comme la philosophie ou le droit (voir *Discipline*). La difficulté d'analyse des diverses branches de la famille des sciences humaines tient cependant à ce que cette autonomisation ne s'est pas réalisée à partir d'un principe unique de distinction. Dans le cas de l'économie, ce principe fut davantage une ontologie (l'*homo economicus*); dans le cas de l'anthropologie, davantage une méthode (le terrain) et un objet (les peuples dits archaïques); dans le cas de la science politique, davantage une notion (le pouvoir); etc.

Au 19<sup>e</sup> siècle, cette autonomisation a eu tendance à suivre les grandes divisions internes de la société moderne : l'économie, la politique, l'individu. Cependant, les sous-disciplines ayant proliféré au siècle suivant respectaient aussi les préoccupations et les intérêts de la société dominante : consommation, éducation, relations industrielles, marketing, médias... Il n'est donc pas étonnant que les inscriptions en sciences sociales aient crû de manière spectaculaire depuis cinquante ans : le glissement de plus en plus d'activités humaines dans la sphère publique (avec l'inscription scolaire obligatoire, la montée de la culture de masse, l'interventionnisme croissant des gouvernements, etc.) a offert aux praticiens des sciences humaines un domaine inédit à étudier, mais aussi à gérer et à policer. Les spécialisations disciplinaires et sous-disciplinaires ont suivi la demande sociale pour davantage de connaissances théoriques et d'expertises concrètes (voir *État, pouvoir et science et Sociopolitique de la statistique*).

Les observateurs ont été nombreux à dénoncer cette dérive. Il leur semblait que la fonction critique et réflexive des sciences sociales avait été dévoyée dans des opérations purement managériales. Au lieu de contribuer à l'élévation de la conscience citoyenne, les disciplines actuelles auraient recherché la pure efficacité des manipulations possibles du réel (dont l'opinion publique ou les « ressources humaines »).

Il est vrai que les praticiens des sciences humaines se sont désormais infiltrés partout et servent au progrès des organisations qui les emploient : technique d'intervention en milieu communautaire,

marketing des arts et de la culture, management des organisations caritatives, développement des compétences psychosociales. Ces expertises (privées et publiques) utilisent la connaissance des faits humains pour assurer un meilleur contrôle des organisations sur le réel et une adaptation toujours plus performante de celles-ci à leur environnement (voir *Gestion de la technologie* et *Scientisme et politique*).

Depuis le milieu du 19<sup>e</sup> siècle, les établissements universitaires ont été investis tour à tour par les lettres et les arts, par les sciences appliquées (dont le génie), par les professions libérales, puis, depuis la Seconde Guerre mondiale, par les sciences sociales (voir *Université*). Celles-ci dominent désormais le paysage des études supérieures. Elles ont permis, et permettent encore aujourd'hui, d'accumuler un savoir sur la société qui rend plus clairs les facteurs (souvent inconscients) qui influencent la vie humaine. Mais cette connaissance représente aussi un pouvoir, pouvoir qui a contribué à assurer la domination récente des sciences sociales dans l'organisation du monde social.



Abbott, Andrew (2001), *Chaos of Disciplines*, Chicago/Londres, The University of Chicago Press.

Backhouse, Roger E. et Philippe Fontaine (dir.) (2010), *The History of the Social Sciences since 1945*, Cambridge/New York, Cambridge University Press.

Gingras, Yves et Jean-Philippe Warren (2007), « Job Market Boom and Gender Tide: The Rise of Canadian Social Sciences in the 20th Century », *Scientia Canadensis*, vol. 30, n° 2, p. 5-21.

Kuper, Adam et Jessica Kuper (dir.) (1985), *The Social Science Encyclopedia*, Londres, Routledge & Kegan Paul.

Lundqvist, Åsa et Klaus Petersen (dir.) (2010), *In Experts We Trust: Knowledge, Politics, and Bureaucracy in Nordic Welfare States*, Odense, University Press of Southern Denmark.

Porter, Theodore M. et Dorothy Ross (dir.) (2003), *The Modern Social Sciences*, Cambridge University Press.

Smelser, Neil J. et Paul B. Baltes (dir.) (2001), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, Amsterdam, Elsevier.

## Scientisme et politique

Vincent Guillin

«Science d'où prévoyance, prévoyance d'où action», écrivait Auguste Comte: cette maxime positiviste résume une certaine conception de l'articulation entre connaissance et action qui tient la pratique pour une application sans reste de la théorie, et qui fait le pari que le progrès des savoirs scientifiques ira de pair avec un accroissement de l'efficacité de l'agir. Même si on peut lui trouver des précurseurs dans le prométhéisme cartésien ou l'utopie baconienne, cet idéal se cristallise véritablement en Occident au 19<sup>e</sup> siècle, à la fois en raison de l'affaiblissement des anciens systèmes de croyances et de régulation sociale, du développement sans précédent de réalisations techniques et industrielles qui paraissent être les fruits de la connaissance scientifique, et de l'essor de nouvelles sciences (alors appelées «sciences morales») qui prennent pour objet l'ensemble des phénomènes humains (psychologie, économie, sociologie, anthropologie; voir *Sciences sociales*). S'impose alors la conviction que l'ordre politico-social doit être gouverné autrement, que ce n'est plus à la force ou à la tradition de régner, mais à la science de présider aux fins des sociétés humaines: on ne gouvernera plus les hommes par le «sabre et le goupillon», mais par le «compas et l'équerre» (voir *État, pouvoir et science*). Or, cet idéal d'une «politique scientifique», son développement, les différentes réalisations concrètes auxquelles il a pu donner lieu depuis le 19<sup>e</sup> siècle, les obstacles qu'il a pu rencontrer, et les remises en question dont il a été l'objet peuvent être abordés, dans le cadre d'une interrogation sur les relations entre science, technologie et société, d'au moins trois façons différentes: épistémologique, méthodologique et axiologique (voir *Philosophie des sciences*).

Si par «politique scientifique», on entend «politique fondée sur la science», la question épistémologique se pose alors de savoir sur quel type de science devra s'appuyer l'action politique. Au 19<sup>e</sup> siècle, on fait le pari que, pour l'«administration des choses», la découverte des lois de la nature permettra le développement des moyens matériels les plus efficaces dans l'optique d'une production optimisée. S'inspirant de ce modèle, les «sciences morales» chercheront elles aussi à «gouverner les hommes» en déterminant les lois qui régissent les phénomènes

psychologiques, sociaux ou historiques. C'est cette ambition nomologique qui explique la multiplication des tentatives pour induire du passé des sociétés humaines la fin immanente (le bonheur du plus grand nombre, le rayonnement de la nation, l'essor de la race, le triomphe du prolétariat) qui règle leur développement et en fonction de laquelle l'action politique devait se régler (ne pas intervenir à tort dans le cours de l'histoire; au pire, ne pas le ralentir; au mieux l'accélérer). À la suite de l'échec de ces grands schèmes explicatifs (positivisme comtien, matérialisme dialectique, évolutionnisme spencérien) incapables de satisfaire aux exigences minimales de scientificité (testabilité et prédictibilité), s'est alors posée la double question de savoir comment penser les bases scientifiques d'une politique ayant rompu avec les espoirs d'une théorie englobante de la destinée humaine et celle de savoir comment déterminer, dans des sociétés dont on n'a plus d'assurance qu'elles convergent vers un certain point final, les valeurs qui devraient guider nos choix (voir *Lois scientifiques*).

Ayant rompu avec les grandes eschatologies historicistes, la réflexion sur la « politique scientifique » va, au 20<sup>e</sup> siècle, se faire plus modeste et tenter de penser un modèle à visée pragmatique de la connaissance du social. Les conceptions pluralistes de la connaissance d'Otto Neurath en sont une bonne illustration. Se fera ainsi jour toute une série d'interrogations *méthodologiques* sur la possibilité d'une politique scientifique « expérimentale » (voir *Sociopolitique de la statistique*). Si ce qui caractérise la science moderne, c'est la volonté de mettre à l'épreuve le réel pour découvrir toutes ses virtualités, alors on ne peut qu'être tenté de penser la politique scientifique comme le moyen d'établir expérimentalement les moyens du vivre-ensemble (institutions politiques, systèmes éducatifs, organisations économiques) de manière progressiste (demain ne sera pas toujours la répétition d'hier) et rationnelle (en évaluant objectivement les résultats des différentes alternatives qui s'ouvrent à nous). Pour ce faire, il a fallu réfléchir aux obstacles méthodologiques pouvant entraver l'approche expérimentale de la connaissance de la société et de sa réforme (une enquête déjà engagée par Comte et par Mill au 19<sup>e</sup> siècle), opérationnaliser les différents problèmes techniques suscités par de telles entreprises quand elles s'appliquent à des sujets humains (comme Mayo analysant les expériences Hawthorne) et développer des modèles d'évaluation des

politiques publiques et des dispositifs concrets adoptés ou préconisés (comme dans les récentes avancées de l'économie expérimentale du développement). Cette volonté de transformer « scientifiquement » la société, les études STS ont aussi contribué à en expliquer les échecs, en révélant par exemple l'inefficacité de réformes « venues d'en haut » ne s'appuyant pas sur les savoirs locaux ou traditionnels, ou les limites, en soulignant les dimensions de risque qui lui sont inhérentes et les éléments de surprise et d'ignorance qui sont propres à tout processus de transformation.

Une dernière question reste néanmoins en suspens, celle des valeurs qui guident cette politique scientifique. On pourrait penser que, dans le cadre des sociétés démocratiques, une division du travail pourrait s'opérer entre le public, qui définirait les objectifs à atteindre, et la communauté des experts scientifiques, qui évalueraient les moyens les plus appropriés pour les satisfaire (voir *Professionnalisation de la science et Statistisation*). Or, l'idée d'une détermination « démocratique » de l'activité scientifique est problématique parce que, d'une part, elle repose sur le mythe d'un citoyen omniscient capable de se prononcer de manière informée sur les choix qui lui sont soumis (voir *Controverse*), et, d'autre part, parce qu'elle risque de favoriser des projets ou des recherches dont les conséquences ou applications seront les plus importantes et de négliger les pistes d'investigation à plus long terme ou celles qui n'auraient pas de traductions pratiques (voir *Économie de l'innovation et Politique de la science et de la technologie*). Autrement dit, parce que la recherche scientifique ne se réduit pas à la quête d'applications à pure fin pragmatique, en la focalisant sur l'« utile », on risque justement de compromettre la fécondité même de la contribution sociale de la science. Bref, parce que la « politique scientifique » appelle aussi une « organisation politique de l'activité scientifique », selon le mot de Kitcher, s'impose la nécessité de concilier contrôle démocratique de la science et autonomie intellectuelle de la recherche dans le cadre d'un processus de décision rationnel et critique.



Banerjee, A. V. et E. Duflo (2012), *Repenser la pauvreté*, Paris, Seuil.

Comte, A. (1975 [1830-1842]), *Philosophie première. Cours de philosophie positive, leçons 1 à 45*, Paris, Hermann.

- Gross, M. (2010), *Ignorance and Surprise. Science, Society and Ecological Design*, Cambridge, MIT Press.
- Kitcher, P. (2010), *Science, vérité et démocratie*, Paris, PUF.
- Lippmann, W. (2008 [1925]), *Le public fantôme*, Paris, Démopolis.
- Mayo, E. (1933), *The Human Problems of an Industrial Civilization*, New York, The Macmillan Company.
- Mill, J. S. (1974 [1843]), *A System of Logic Ratiocinative and Inductive*, Londres/Toronto, Routledge & Kegan Paul/University of Toronto Press.
- Mitchell S. D. (2009), *Unsimple Truths. Science, Complexity and Policy*, University of Chicago Press.
- Neurath, O. (1973), *Empiricism and Sociology*, Dordrecht/Boston, Reidel.
- Scott, J. C. (1998), *Seeing Like a State. How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, New Haven/Londres, Yale University Press.

## Sociologie des sciences

*Marcel Fournier*

L'idée que la science est un phénomène social est aussi vieille que la sociologie, comme on peut le voir chez Auguste Comte ou Émile Durkheim. L'un des objectifs de la sociologie comme nouvelle discipline est précisément, pour Durkheim, d'élaborer une nouvelle théorie de la connaissance, selon laquelle les concepts sont des représentations collectives. Et il en ira de la sociologie des sciences comme de la sociologie elle-même: les perspectives théoriques sont devenues diverses et les débats, nombreux (voir *Discipline et Théorie scientifique*).

Avant que la sociologie des sciences ne se constitue comme spécialité, c'est de la connaissance dont on parle. Pensons aux travaux de Max Scheler, de Karl Mannheim ou de Pitirim Sorokin: il s'agit d'établir les rapports entre la connaissance et la société, en assimilant la connaissance tantôt à la vision du monde, tantôt au système culturel (d'une époque), tantôt à l'idéologie (de groupes sociaux). Dans la tradition marxiste, on cherche, comme dans l'étude de 1931 que Boris Hessen consacre aux *Principia* de Newton, à relier le développement des concepts scientifiques au développement économique. Pour sa part, Karl Mannheim, en 1929, associe la connaissance et l'idéologie, mais considère que les intellectuels n'appartiennent à aucune classe sociale

et exclut de son champ d'analyse les connaissances scientifiques. Enfin, Ludwik Fleck défend, dans son étude de la *Genèse et développement d'un fait scientifique* (1935), le caractère essentiellement collectif de la recherche scientifique, introduisant la notion de « style de pensée », c'est-à-dire d'un ensemble de normes, de concepts et de valeurs qui seraient propres aux savoirs et aux croyances à une époque donnée (voir *Représentation sociale*).

Si Robert K. Merton peut être considéré comme le fondateur de la sociologie des sciences, c'est qu'avec lui s'opère le glissement de la sociologie de la connaissance (dont il dégage les principaux traits en 1945) à la sociologie des sciences et que se crée une nouvelle spécialité avec son objet, ses méthodes, puis ses revues (*Science Studies*, *Social Studies of Science*) et ses colloques (comme ceux de la 4S Society). L'un de ses professeurs à Harvard, Talcott Parsons, s'était interrogé sur les conditions d'institutionnalisation de la science : pour qu'elle devienne une institution dans la société moderne, la science devait être intimement intégrée au système de valeurs et à la structure sociale grâce à la constitution d'un corps de scientifiques professionnels (voir *Professionnalisation de la science et Université*). Merton consacre sa thèse de doctorat, parue en 1938, à l'étude, dans une perspective wébérienne, des conditions culturelles, sociales et économiques, du développement des sciences et des techniques dans l'Angleterre du 17<sup>e</sup> siècle. Quelques années plus tard, en 1942, il décrit ce qu'il appelle la « structure normative de la science » : la science en tant qu'activité sociale est réglementée par un « ethos », un système de normes que sont l'universalisme, le communalisme, le désintéressement et le scepticisme organisé. L'article de Merton est à l'origine d'un véritable programme de recherche qui mobilise ses élèves, comme Harriet Zuckerman, Stephen Cole, Jonathan Cole, Jerry Gaston. Le système social des sciences apparaît comme un système d'échange, avec ses récompenses, ses hiérarchies.

Les études font alors usage d'une nouvelle base de données, le *Science Citation Index* créé en 1963 par E. Garfield, qui recense l'ensemble des citations que reçoivent les articles de revues scientifiques dans d'autres articles. L'idée est de mesurer la science, et la scientométrie devient un outil indispensable pour évaluer la recherche (voir *Bibliométrie*). La réunion de nombreuses données quantitatives permet

l'élaboration de projets ambitieux, comme celui d'une science des sciences dont l'objectif serait de déterminer les lois de développement scientifique (tel que le propose Solla Price) et celui d'une sociologie historique du rôle des scientifiques et des différentes formes d'organisation de l'activité scientifique depuis le 17<sup>e</sup> siècle, comme le propose Ben-David.

Par-delà son ancrage dans une société globale, une communauté scientifique est aussi un groupe de savants partageant, au sein d'une discipline, un certain nombre d'idées communes. L'ouvrage le plus influent des années 1960 est sans aucun doute *La structure des révolutions scientifiques* de Thomas Kuhn, paru en 1962. Tout en introduisant une perspective discontinuiste en histoire, Kuhn ouvre la voie à une sociologie de la connaissance scientifique : il n'y a pas de corps de connaissance, ici un paradigme, sans support social, sans une communauté ou un groupe de scientifiques pourvus de leurs modes d'apprentissage et de leurs dogmes propres (voir *Paradigme*).

La sociologie se trouve ainsi légitime d'adopter des approches relativistes et de réaliser des études des déterminants sociaux des savoirs scientifiques : c'est le cas des promoteurs du « programme fort » en sociologie de la connaissance scientifique à l'Université d'Édimbourg (Barry Barnes, David Bloor, David Edge, Steven Shapin, Andrew Pickering), et du « programme empirique du relativisme » à l'Université de Bath en Angleterre (Harry Collins, David Travis, Trevor Pinch). Les premiers privilégient une approche macrosociologique et les seconds, une approche plutôt microsociologique. Dans les années 1980, on voit se multiplier les études ethnographiques des laboratoires (celles de Latour et Woolgar, de Linch ou de Knorr-Cetina) et apparaître ce que l'on appelle, en raison de son radicalisme, la « nouvelle sociologie des sciences ». On cherche alors à penser les relations entre la science, la technique et la société à l'aide de notions parfois floues comme l'acteur-réseau, la non-clôture, la traduction, la médiation. La polémique est ouverte, et les échanges souvent rudes, comme le montre l'affaire Sokal. L'enjeu, la difficulté, est alors d'introduire une perspective constructiviste sans tomber dans le relativisme absolu (voir *Relativisme* et *Objectivité et régulation*).

La vie scientifique comprend tout un ensemble d'activités informelles, de collègues invisibles et de réseaux ; elle repose aussi sur l'assise institutionnelle de disciplines, de laboratoires, d'instituts de recherche

et d'universités; enfin elle se déploie dans l'espace social relativement autonome qu'est le champ scientifique, avec ses rapports de force, ses luttes, ses hiérarchies. Selon le point de vue, la science apparaît donc tantôt comme une institution, tantôt comme une communauté et tantôt comme un champ (voir *Champ et Histoire des sciences*). Une question se pose: quelle est l'autonomie de la science? L'activité scientifique est incontestablement une activité sociale, insérée, en raison même de ses conditions de réalisation (laboratoires, ressources financières, chercheurs), dans le système des rapports sociaux et politiques propres à chaque société. La question de la fonction sociale de la science s'est posée très tôt aux sociologues, comme dans l'ouvrage de J. D. Bernal, *The Social Functions of Science*, paru en 1939. Entre la thèse de la dépendance totale de la science par rapport aux forces économiques, politiques et religieuses et celle de sa complète indépendance, il y a place pour l'étude, sur la base de données empiriques, de l'articulation complexe entre les diverses instances que sont les gouvernements, les entreprises et les universités, ou mieux, comme le propose Bourdieu, entre les champs politique, économique, religieux et scientifique (voir *Politique des sciences et des technologies*). Trop souvent postulée, l'autonomie de la science est le résultat d'une longue histoire et elle est loin d'être à jamais garantie.



Ben-David, Joseph (1971), *The Scientist's Role in Society*, University of Chicago Press.

Bourdieu, Pierre (1975), « La spécificité du champ scientifique et les conditions sociales du progrès de la raison », *Sociologie et sociétés*, vol. 7, n° 1, mai, p. 91-118.

— (2001), *Science de la science et réflexivité*, Paris, Raison d'agir.

Dubois, Michel (2001), *La nouvelle sociologie des sciences*, Paris, PUF.

Etzkowitz, H. et L. Leydesdorff (2000), « The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations », *Research Policy*, vol. 29, n° 2, p. 109-123.

Knorr-Cetina, Karin (1981), *The Manufacture of Knowledge, An Essay on the Construction and Contextual Nature of Science*, Pergamon Press.

Latour, Bruno et S. Woolgar (1979), *Laboratory Life*, Paris/Londres, Sage Publications, trad. française, Paris, La Découverte, 1988.

Lynch, David (1985), *Art and Artefact in Laboratory Science. A study of shop work and shop talk in a research laboratory*, Londres, Routledge & Kegan Paul.

Martin, Olivier (2000), *Sociologie des sciences*, Paris, Nathan Université.

Solla Price, D. J. de (1972). *Little Science, Big Science*, New York, Columbia University Press.  
 Storer, W. N. (1966), *The Social System of Science*, New York, Holt, Rinehart & Winston.  
 Whitley, Richard D. (1984), *The Intellectual and Social Organization of Sciences*, Oxford, Clarendon Press.

## Sociopolitique de la statistique

*Jean-Pierre Beaud*

Durant les années 1970 s'est structuré un champ de recherche qu'il est malaisé de cerner par une appellation unique. Si l'expression « histoire de la statistique » est celle qui rallierait le plus d'acteurs du champ, elle a le défaut (ou l'avantage, c'est selon) d'être très générale et surtout théoriquement peu précise. Si l'histoire de la statistique est presque aussi ancienne que la statistique, ce n'est que récemment qu'elle a pris un virage plus externaliste, tentant d'intégrer les acquis de l'histoire internaliste tout en s'appuyant sur une posture constructiviste (ou réflexive) et critique. Malgré des différences réelles entre les approches de chacun, certains étant plus internalistes ou plus externalistes, plus réalistes ou plus relativistes, il reste qu'un certain consensus caractérise le champ (voir *Histoire des sciences* et *Champ*).

La sociologie, la sociohistoire, la sociopolitique de la statistique ou des statistiques ne sont pas des appellations totalement synonymes : la première pose un rapport direct avec la sociologie alors que les deux suivantes le mâtinent d'un lien avec l'histoire et le politique, et chacune peut mettre l'accent soit sur la discipline, la statistique comme savoir à la fois théorique et pratique organisant la mise en chiffres du monde, soit sur la pratique, les statistiques comme production de chiffres sur le monde. Toutes partagent toutefois sensiblement les mêmes principes. L'un est une double rupture : rupture avec une conception internaliste qui liait le développement de la statistique à l'affinement progressif et logique d'outils arithmétiques, puis mathématiques de plus en plus complexes ; rupture avec une histoire institutionnelle, aussi ancienne que les premiers bureaux de chiffres, qui voyait le développement des activités et organismes statistiques comme l'accompagnement logique de l'expansion des attributions de l'État. Un second principe est le

refus d'une position purement externaliste, qui verrait la statistique comme une conséquence ou un effet de transformations totalement extérieures au champ de la science. Cette position n'a guère eu de véritables défenseurs chez les statisticiens ou historiens de la statistique. Elle fonctionne toutefois comme une sorte d'horizon, de point de repère ou même de point critique, qui rappelle à tous que les chiffres produits ne sont jamais innocents (voir *Statistisation* et *Quantification et mesure*).

Il y a une quarantaine d'années paraissaient les premiers travaux véhiculant ces ruptures. Les classifications statistiques en étaient, un peu partout, les premiers objets d'analyse, un choix qui exprime bien ce que ces premiers chercheurs tendent à appréhender: la traduction chiffrée nécessairement imparfaite d'un monde en changement. Un peu partout, on montre que les classements statistiques doivent être déconstruits, comme l'avaient déjà été d'autres façons de nommer, désigner et assigner les individus. Dans une période de transition, les «vieux» classements et l'échafaudage politique qui les solidifiait perdaient de leur utilité pour représenter le monde.

Le livre de Desrosières et Thévenot sur les catégories socioprofessionnelles pose bien les principes d'une telle analyse des artefacts statistiques, qui récuse le vieil objectivisme cher aux statisticiens d'État. Il dit aussi l'originalité du «moment français» symbolisé par l'appartenance d'un Desrosières à la fois au bureau statistique national, l'INSEE, et au monde universitaire. Il faudrait sans doute s'interroger sur la véritable originalité de ce modèle de collaboration (voir *Université*). On peut faire toutefois l'hypothèse qu'une collaboration entre statisticiens et spécialistes des sciences sociales est aujourd'hui chose plus fréquente qu'il y a quarante ans: au Brésil, par exemple, un Nelson Senra occupe une position analogue à celle de Desrosières en France. Le livre de Desrosières et Thévenot énonce aussi certains des principes de la nouvelle histoire (de la sociohistoire, de la sociopolitique) de la statistique: les découpages, y lit-on, sont fabriqués, liés aux «opérations de représentation d'une société: représentation statistique...; représentation politique; représentation cognitive» (p. 7); cela étant, «le regard... porté sur le travail de classement et de définition des variables servant à décrire le monde social ne vise pas à en dénoncer les résultats, mais plutôt à les replacer dans un ensemble plus vaste de façons de connaître» (p. 110).

L'étude des classifications statistiques s'inscrit, dans le cas français au moins, dans le cadre d'une tradition assez ancienne remontant aux travaux de Durkheim et Mauss. Elle rejoint une préoccupation parfois bien établie pour l'étude des recensements, présente chez les historiens comme chez les démographes (voir *Objet-frontière*). L'analyse nouvelle des outils statistiques incorpore toutefois un nouveau corpus théorique et empirique, issu des recherches d'un Foucault ou d'un Bourdieu. De fait, aujourd'hui, l'unité relative du champ de la sociopolitique de la statistique peut être attestée par le recours aux mêmes sources. Du Brésil à l'Espagne en passant par un bon nombre de pays, les bibliographies se ressemblent passablement, du moins si l'on écarte les références aux études nationales. Un bon exemple peut être trouvé chez Desrosières, bien sûr, qui, par le rôle qu'il a joué dans l'émergence du champ, est bien placé pour citer les travaux marquants.

Le champ s'est développé. Les études nationales sont maintenant relativement nombreuses et portent aussi bien sur les classifications, les recensements, les enquêtes statistiques, les statistiques médicales, la notion de probabilité, les bureaux statistiques, les sociétés savantes, etc. (voir *Système statistique national*). Il existe aussi des études portant sur l'internationalisme statistique (congrès internationaux, institut international) et sur les passeurs de modèles comme Quetelet, ainsi que des études plus générales encore sur l'avalanche des chiffres depuis le 19<sup>e</sup> siècle. Le recensement exhaustif des études de sociopolitique de la statistique dans le monde est sans doute devenu impossible à réaliser.

Néanmoins, au-delà des différences d'appellation, des divergences théoriques (accepte-t-on ou non l'influence latourienne?) et des spécificités des expériences statistiques nationales, un noyau commun de façons de penser et de faire s'est créé. Malgré leurs différences, les travaux sont souvent marqués par les principes de réflexivité, de déconstruction; ils font référence au moment Bielefeld et aux travaux de Daston, de Porter et de Hacking pour le monde anglophone et germanique. Le mouvement de déconstruction, qui s'était d'abord traduit par un examen des classements statistiques ou des pratiques de recensement, s'est ensuite étendu à l'ensemble du travail statistique; il demeure un principe solide qui caractérise l'ensemble du travail en sociopolitique de la statistique et qui renvoie, minimalement, à un constructivisme méthodologique (voir *Classification*). D'autres prin-

cipes caractérisent cette sociopolitique, comme la prise en compte des liens entre les normes, les structures et les pratiques statistiques, agencées en un « régime statistique », et le rejet d'une conception de la statistique qui n'en ferait *que* la traduction chiffrée de phénomènes externes.



Beaud, Jean-Pierre et Jean-Guy Prévost (2010), « L'histoire de la statistique canadienne dans une perspective internationale et panaméricaine », dans Nelson Senra et Alexandre de Paiva Rio Camargo (dir.), *Estatísticas Nas Américas. Por uma agenda de estudos históricos comparados*, Rio de Janeiro, IBGE, p. 37-65.

Desrosières, Alain (1993 et 2000), *La politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, Paris, La Découverte.

Desrosières, Alain et Laurent Thévenot (1988), *Les catégories socioprofessionnelles*, Paris, La Découverte.

## Statistisation

*Jean-Guy Prévost*

Ce néologisme – peu élégant, on en conviendra – vise à attirer l'attention sur les processus par lesquels un ensemble de préoccupations, d'interrogations, de problèmes ou d'enjeux sont identifiés, rassemblés et définis d'une manière qui permet de substituer à l'affrontement direct des acteurs sur le fond un mécanisme pouvant susciter leur agrément et faciliter la prise de décision (voir *Construction sociale des technologies*).

Un exemple éclairant de statistisation nous est offert par le développement des indices du coût de la vie et des mécanismes d'indexation des revenus, qui fournissent aux parties à la négociation un point de repère pour juger de l'importance des ajustements à réclamer (ou à contester; voir *Classification*). Dans le jeu de la négociation des salaires, patrons et ouvriers ont des intérêts contraires et l'on voit mal, *a priori*, pourquoi l'une des parties devrait céder à l'autre, d'où l'impasse et, éventuellement, l'escalade de moyens de pression. L'idée de mesurer le coût de la vie offre une voie de sortie: en établissant sur la base des prix réels combien il en coûte pour vivre, on pourra déterminer si les salaires offerts sont suffisants ou non (et si l'on prend cette mesure de manière

régulière, on pourra savoir si la situation à cet égard s'améliore ou se détériore). On disposera alors d'un étalon jugé indépendant des perceptions, des intérêts et des stratégies des acteurs. Certes, il faut établir la liste des prix dont on tiendra compte, déterminer le poids de chacun, etc., mais on voit bien comment l'on est passé d'un problème *politique* (comment mettre d'accord des parties dont les intérêts s'opposent) à un problème *technique* (comment construire un indice qui représente adéquatement ce que l'on cherche à mesurer). À une autre échelle, les critères de convergence pour l'entrée dans la zone de l'euro, qui fixaient des cibles quantitatives quant à la stabilité des prix, au déficit des finances publiques, à la dette et au taux d'intérêt à long terme, offrent un exemple plus récent de statistisation. Les deux cas s'inscrivent dans un processus plus général de rationalisation du gouvernement des sociétés modernes, au moyen de règles s'appuyant sur des informations à caractère empirique: une fois que l'on s'est entendu sur le caractère raisonnable de la règle, la discussion porte exclusivement sur l'exactitude des résultats fournis par les indices retenus.

Mais la vie est plus complexe que cela et l'espoir que l'on pourrait dissoudre le politique dans le technique est évidemment déçu: dès que l'on cherche à traduire en termes opérationnels les concepts sur lesquels on a pu s'entendre, des ambiguïtés apparaissent et l'on voit bien vite que les interprétations différentes de ces ambiguïtés ne sont pas indépendantes de perspectives politiques divergentes. Le cas de la Grèce, dont on sait désormais qu'elle a recouru à toute une série de dissimulations et de manipulations pour être admise dans la zone euro, a montré ces limites de manière spectaculaire. De manière moins dramatique, les indices du coût de la vie (et les indices des prix à la consommation, les deux ne se confondant pas nécessairement) ont constamment donné lieu à des débats théoriques fondamentaux (notamment, entre les approches fondées sur les biens ou sur l'utilité), ainsi qu'à des discussions sur la validité de la mesure, quand ce n'est pas à sa contestation en bonne et due forme.

À cet égard, la distinction entre mesure et quantification permet d'examiner au plus près certains aspects du processus de statistisation. L'idée que l'on puisse *mesurer* un phénomène de la vie économique ou sociale suppose en effet l'existence préalable et presque tangible d'un objet qui n'attendrait que cette opération pour se révéler à nous. Or,

cette métrologie «réaliste» occulte complètement toutes les conventions qui permettent justement de produire les nombres dont on parle. En revanche, *quantifier*, c'est-à-dire «exprimer et faire exister sous une forme numérique ce qui, auparavant, était exprimé par des mots et non par des nombres», comme l'indique Desrosières, suppose que l'on porte attention à l'ensemble des comparaisons, compromis, traductions, négociations, codages, procédures et calculs qui rendent possible cette transmutation. On voit dès lors dans quelle mesure toute tentative de traduction d'un problème politique en problème technique demeure précaire et l'accord qu'elle peut éventuellement susciter, provisoire (voir *Quantification et mesure* et *Scientisme et politique*).



Desrosières, A. (2008), *Pour une sociologie historique de la quantification. L'argument statistique I*, Paris, Mines ParisTech.

Stapleford, T. A. (2009), *The Cost of Living in America. A Political History of Economic Statistics, 1880-2000*, Cambridge, Cambridge University Press.

## Système statistique national

*Jean-Guy Prévost*

Il est désormais largement admis que l'action publique devrait être définie, mise en œuvre et ses résultats évalués sur la base d'une connaissance adéquate de la réalité sociale et économique. Cette croyance relève, selon le mot de Porter, d'une «confiance dans les nombres» et dans «l'objectivité mécanique» qui, depuis le milieu du 19<sup>e</sup> siècle, constitue un trait marquant aussi bien du monde de la science que de la vie publique dans son ensemble: établissement de standards dans un nombre croissant de domaines, contrôle de la qualité industrielle, application du calcul coûts-bénéfices à la prise de décision, «médecine des preuves», etc. Aussi, l'existence d'un système statistique national – par quoi l'on entend l'ensemble des organismes publics produisant des données statistiques sur la population, l'économie et la vie sociale d'un pays – apparaît aujourd'hui comme une composante incontournable de tout État moderne (voir *État, pouvoir et science*).

La manière d'organiser un tel système, la nature précise de ses activités, son degré d'indépendance professionnelle ou scientifique par rapport aux autorités politiques ont certes varié grandement au fil du temps et d'un pays à l'autre. Mais on peut aisément repérer, pour la plupart des pays occidentaux, quelques étapes communes dans le développement des systèmes statistiques nationaux : organisation de recensements périodiques de la population, mise sur pied de statistiques du travail (en lien avec la création d'un ministère idoine) et du commerce, établissement d'un système de comptabilité nationale, développement de comptes « environnementaux », etc.

Pour la plus grande part du 20<sup>e</sup> siècle, les nécessités de coordination et d'harmonisation de la collecte et du traitement des informations statistiques ont contribué à faire de la centralisation l'idéal organisationnel vers lequel tendaient les systèmes statistiques nationaux – Statistique Canada constituant un exemple particulièrement remarquable sur ce plan. En lien avec le keynésianisme plus ou moins conséquent qu'ont adopté les autorités politiques de plusieurs pays au lendemain du second conflit mondial, le développement des méthodes d'échantillonnage et l'introduction des ordinateurs ont contribué à faire du système statistique national quelque chose comme l'infrastructure épistémique de la gestion macro-économique : une série d'indicateurs fondamentaux, comme le PIB, les divers taux relatifs à l'emploi et au coût de la vie, ou encore les chiffres des exportations et des importations, étaient régulièrement publiés comme autant d'informations à partir desquelles les agents économiques – à commencer par le gouvernement – pouvaient orienter leur comportement (voir *Quantification et mesure*). Dans les pays d'obédience communiste, la statistique s'est largement confondue avec l'appareil de planification économique et son rôle dans la gestion proprement dite était plus affirmé – avec les distorsions que pouvait entraîner une telle proximité.

À partir des années 1980-1990, plusieurs traits de ce modèle ont été mis à l'épreuve. Dans bien des pays, une demande accrue d'informations à l'échelle infranationale (régionale, provinciale, locale) a conduit à mettre en cause la pertinence d'une organisation du travail statistique et de priorités définies d'abord à l'échelle nationale. De nouvelles autorités statistiques autonomes ont été créées (comme dans les régions espagnoles), tandis que d'autres ont connu un second souffle (comme

l'Institut de la statistique du Québec). L'accroissement des échanges économiques et financiers entre nations a également constitué une source de tension, appelant à une meilleure intégration des données à l'échelle supranationale et donnant lieu à l'apparition d'institutions comme Eurostat ou, plus près de nous, de systèmes de classification adaptés à l'existence de l'Accord de libre-échange nord-américain (voir *Internationalisation de la R-D*). L'informatique, qui, jusqu'aux années 1980, pouvait apparaître comme un facteur favorisant la concentration de l'autorité et des activités, a également poussé à la dissémination et à la décentralisation, grâce à l'avènement de microordinateurs capables d'opérer de puissants logiciels de traitement de données et d'Internet. À l'aube du 21<sup>e</sup> siècle, l'aspiration à un monopole de l'autorité statistique légitime a laissé place à un régime où la coopération, la coordination, le « partenariat », l'harmonisation des pratiques, et parfois la compétition régulent les rapports entre producteurs de données.



Porter, T. M. (1995), *Trust in Numbers. The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*, Princeton University Press.

## Systèmes d'innovation

*Jorge Niosi*

Il y a quelques décennies, l'invention et l'innovation étaient encore vues comme le résultat de génies isolés travaillant dans leur laboratoire. Ce point de vue est encore malheureusement trop répandu (voir *Invention et innovation*).

Depuis près d'un demi-siècle, divers auteurs ont suggéré que l'innovation impliquait d'autres facteurs que le génie créatif de quelques individus. Schmookler a proposé que l'innovation était en partie le résultat des forces du marché, et donc déterminée par la demande: en l'absence de marché pour les innovations, comme dans nombre de pays sous-développés, il n'y aurait pas d'innovation. Rosenberg, pour sa part, a mis l'accent sur l'offre de connaissances: selon lui, bon nombre d'innovations résultent de l'offre de connaissances scientifiques et

techniques, et non d'une demande. Les vagues d'innovations dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, qui ont suivi l'invention du semi-conducteur, ne sont pas le résultat de la demande mais bien de l'offre des connaissances produites dans des entreprises, des universités et des laboratoires publics (voir *Recherche et développement*).

Entretiens, l'OCDE a condensé dans le *Manuel d'Oslo* de 1982 des définitions et des méthodes statistiques pour l'étude empirique de l'innovation. Ces outils ont permis le lancement d'enquêtes sur l'innovation dans presque tous les pays de l'OCDE et dans plusieurs pays émergents (voir *Économie de l'innovation*).

Vers la fin des années 1980, ces avancées ont fait émerger le concept de « système d'innovation ». Cette théorie a été mise sur pied, plus ou moins simultanément, par trois économistes : le Britannique Christopher Freeman (1987), le Suédois Bengt-Ake Lundvall (1992) et l'Américain Richard R. Nelson (1993). Elle oppose deux points de vue. Pour les uns, comme Nelson, les systèmes d'innovation sont des ensembles d'institutions dont l'objectif est la production, le transfert et la diffusion de connaissances scientifiques et technologiques. Les institutions concernées sont essentiellement les universités de recherche, les laboratoires publics et les entreprises dotées de capacités de R-D. Cette première approche repose davantage que d'autres sur le *Manuel de Frascati* de l'OCDE (1962), qui définit la R-D et les méthodes statistiques usitées pour recueillir des informations. Dans la seconde approche, celle d'un Lundvall par exemple, les systèmes d'innovation comprennent plutôt toutes les institutions dotées d'une capacité d'innovation, même si elles ne font pas de R-D. Cette perspective est plus proche du *Manuel d'Oslo*.

La première version du concept s'applique aux pays : elle traite de systèmes nationaux d'innovation. Des débats ont opposé ceux qui considèrent que les systèmes nationaux d'innovation émergent de façon spontanée et ceux qui pensent que l'État joue un rôle central dans leur naissance et leur création. D'autres débats portent sur le nombre d'institutions nécessaires pour qu'un système d'innovation existe, ou sur leur niveau d'intégration. Pour les uns, comme Arocena et Sutz, le système des pays sous-développés est fragmenté, tandis que pour d'autres, comme Niosi, il est inefficace et inefficace (voir *Clivage technologique*).

Vers le début des années 1990, le concept a été appliqué à des régions plutôt qu'à des espaces nationaux, comme dans les travaux de Cooke ou Howells. Certaines régions industrielles où existent des universités de recherche, des laboratoires publics et des entreprises actives en R-D se présenteraient ainsi comme des systèmes régionaux d'innovation. Franco Malerba a aussi appliqué le concept de système d'innovation à des secteurs industriels. Ainsi envisagées, les industries ne naissent pas dans un vide institutionnel : elles se développent au sein d'institutions de recherche, mais aussi de cadres régulateurs comme les systèmes de brevets, les incitations publiques à l'innovation, et les politiques industrielles (voir *Financement de la science, Université et Brevets et propriété intellectuelle*).

Au fil des années, de nombreux chercheurs ont ainsi développé le concept de système d'innovation, qui a été adopté par de multiples gouvernements nationaux et régionaux, ainsi que par des organisations internationales comme l'OCDE.



- Amable, B. et al. (1997), *Les systèmes d'innovation à l'ère de la globalisation*, Paris, Economica.
- Arocena, R. et J. Sutz (2000), « Looking at national systems of innovation from the South », *Industry and Innovation*, vol. 7, n° 1, p. 55-75.
- Boorstin, D. (1983), *The Discoverers*, New York, Vintage.
- (1992), *The Creators*, New York, Vintage.
- (1998), *The Seekers*, New York, Vintage.
- Cooke, P. (1992), « Regional innovation systems », *Geoforum*, vol. 23, p. 365-382.
- Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance*, Londres, Pinter.
- Howells, J. (1999), « Regional systems of innovation ? », dans D. Archibugi et al. (dir.), *Innovation Policy in a Global Economy*, Cambridge University Press.
- Lundvall, B. A. (dir.) (1992), *National Systems of Innovation*, Londres, Piter.
- Malerba, F. (2002), « Sectoral systems of innovation and production », *Research Policy*, vol. 31, n° 2, p. 247-264.
- (dir.) (2004), *Sectoral Systems of Innovation*, Cambridge University Press.
- Nelson, R. R. (1993), *National Innovation Systems*, Oxford University Press.
- Niosi, J. (2002), « National systems of innovation are x-efficient (and x-effective) : why some are slow learners », *Research Policy*, vol. 31, n° 2, p. 291-302.
- Niosi, J., B. Bellon, P. P. Saviotti et M. Crow (1993), « National systems of innovation in search of a workable concept », *Technology in Society*, vol. 15, n° 2, p. 207-227.
- Rosenberg, N. (1983), *Inside the Black Box*, Cambridge University Press.
- Schmookler, J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Cambridge (MA), Harvard University Press.

## Taux d'adoption de l'innovation

*Catherine Beaudry*

La diffusion de l'innovation est le comportement agrégé d'entreprises (ou d'individus) qui adoptent (ou pas) une technologie ou une innovation (voir *Diffusion de la technologie*). L'adoption est alors définie comme le comportement d'un agent qui décide d'adopter une technologie ou une innovation à un moment précis. Les diverses revues de littérature de Baptista, Geroski, Rogers ou Stoneman proposent des retours exhaustifs sur les travaux réalisés à ce sujet depuis les œuvres pionnières de Griliches et Mansfield.

La littérature sur la diffusion vise à comprendre le «taux d'adoption» de l'innovation. Des travaux portant sur la demande et la consommation cherchent à cerner les facteurs qui influencent les décisions des consommateurs; bien que ces deux littératures aient évolué indépendamment, elles demeurent néanmoins interreliées. La vitesse à laquelle une innovation est adoptée dépend des facteurs qui influencent les décisions individuelles de consommation des agents, ainsi que de la rapidité avec laquelle ces facteurs évoluent. Les facteurs affectant le taux d'adoption d'une technologie ou d'une innovation donnée sont: les bénéfices qu'apporte son adoption; la présence ou non de produits substituts ou compléments; les effets de réseaux et de standards qui accroissent les bénéfices d'une adoption; les coûts d'adoption de la technologie (y compris l'investissement complémentaire et l'apprentissage, la capacité d'absorption et les coûts d'opportunité); l'incertitude quant à l'utilité de la technologie; la taille et la structure du marché (voir *Gestion de la technologie*).

Il existe un bon nombre de modèles pour déterminer le taux d'adoption et de diffusion de l'innovation. Parmi ceux-ci, les modèles épidémiques prennent leur source dans la similarité entre la diffusion d'une maladie infectieuse et la diffusion d'une nouvelle technologie parmi la population d'utilisateurs (voir *Modèles scientifiques*). Chaque fois qu'un consommateur est exposé à une innovation, il y a une probabilité qu'il devienne «infecté» et adopte l'innovation. Le taux d'adoption est alors proportionnel au produit du nombre d'adopteurs (consommateurs «infectés») multiplié par le nombre de non-adopteurs. La solution de cette équation différentielle donne une courbe bien connue de diffusion

en forme de S (sigmoïde). Comme l'utilisation d'une nouvelle technologie est limitée à ceux qui en connaissent l'existence, la diffusion résulte d'une transmission de connaissance depuis ceux qui ont déjà adopté la technologie. La transmission de la connaissance limite donc la diffusion de l'innovation. Les modèles épidémiques ne distinguent toutefois pas les différents buts, capacités et actions des individus ou entreprises dans le processus de diffusion (voir *Usager, figures de l'usager*).

En outre, cette courbe en S peut être obtenue par de nombreuses fonctions : logistique, exponentielle modifiée, ou logarithmico-normale cumulative. Lissoni et Metcalfe divisent les modèles en deux catégories : les théories fondées sur le déséquilibre (modèles épidémiques, approche évolutive) et les théories fondées sur l'équilibre (modèles probit, théorie des jeux). Les modèles probit ordonnent les adopteurs selon leur revenu, leur taille ou d'autres facteurs. Selon cette approche, les agents investissent dans un nouvel équipement si leur taille a atteint un certain seuil critique, les grandes entreprises investissant en général en premier. Leur taille est alors distribuée selon une loi logarithmico-normale. La réduction de la taille critique ou l'augmentation générale de la taille des entreprises permet aux plus petites entreprises d'adopter une technologie dispendieuse.

Comme l'indiquent Karshenas et Stoneman, cependant, les modèles décrits plus haut ne tiennent pas compte de l'aspect stratégique de l'adoption de l'innovation. En effet, certaines décisions d'adoption émanent du désir de dépasser ou de rattraper des concurrents sur les plans du prix, de la qualité, voire même de la performance. Ces modèles permettent d'expliquer la diffusion lorsque l'information, les effets du prix, de la qualité ou du revenu ne sont pas des facteurs déterminants (voir *Économie évolutionniste*).

Les décisions des adopteurs ne sont pas, non plus, nécessairement indépendantes les unes des autres. Pour en tenir compte, les modèles de théorie des jeux prennent en considération l'influence des adopteurs les uns sur les autres. Dans ces modèles, la diffusion de l'innovation prend un certain temps parce qu'elle ne paraît pas nécessairement supérieure aux autres au départ. Les premières firmes à adopter une technologie présentent ensuite un rendement plus élevé à l'adoption, puis, à mesure que le nombre d'adeptes d'une technologie augmente, les bénéfices liés à l'adoption diminuent.

Enfin, dans l'approche évolutive, deux effets peuvent être distingués : l'effet boule de neige et l'effet de distinction. Le premier est en quelque sorte un effet de réseau : le fait qu'un consommateur A adopte une technologie augmente la probabilité qu'un consommateur B l'adopte aussi. Le second, documenté par Swann, décrit l'effet inverse, lorsque l'adoption d'une technologie par A réduit la probabilité que B l'adopte, B voulant se distinguer de A.



- Baptista, R. (1999), « The diffusion of process innovations : A selective review », *International Journal of the Economics of Business*, vol. 6, p. 107-129.
- Geroski, P. A. (2000), « Models of technology diffusion », *Research Policy*, vol. 29, p. 603-625.
- Griliches, Z. (1957), « Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change », *Econometrica*, vol. 25, n° 4, p. 501-522.
- Hall, Bronwyn (2004), *Innovation and Diffusion*, NBER Working Paper n° 10212.
- Karshenas, M. et P. Stoneman (1995), « Technological diffusion », dans P. Stoneman (dir.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, chapitre 7, p. 265-297.
- Lissoni, F. et S. Metcalfe (1994), « Diffusion of Innovation Ancient and Modern : A Review of the Main Themes », dans M. Dodgson et R. Rothwell (dir.), *The Handbook of Industrial Innovation*, chapitre 9, p. 106-141.
- Mansfield, E. (1961), « Technical Change and the Rate of Imitation », *Econometrica*, vol. 29, n° 4, p. 741-766.
- Rogers, E. (1995), *Diffusion models*, 4<sup>e</sup> édition, New York, Free Press.
- Stoneman, P. (2002), *The Economics of Technological Diffusion*, Oxford, Blackwell.
- Swann, G. M. P. (2002), « There's more to the economics of consumption than (almost) unrestricted utility maximisation », dans A. McMeekin, M. Tomlinson et V. Walsh (dir.), *Innovation by Demand : An Interdisciplinary Approach to the Study of Demand and Its Role in Innovation*, Manchester University Press, p. 23.

## Technologie

*Pierre Doray*

Une première acception du concept de technologie est le discours sur la technique et, plus tard, sur la science des techniques. Ce sens, forgé entre le 17<sup>e</sup> et le 19<sup>e</sup> siècle, en faisait le champ de savoir et de connaissances relatif à la genèse et à l'évolution des techniques, elles-mêmes

définies comme des savoirs et des savoir-faire spécifiques, propres aux moyens d'exploitation des forces et des ressources naturelles dans le cadre de la production. Cette science comporterait, selon Perrin, qui reprend à cet égard le programme disciplinaire lancé par Johannes Beckmann (1739-1811) lors de la fondation de l'Université de Göttingen (1770), trois voies de recherche. D'abord, elle cherche une explicitation des rapports entre sciences et techniques de production. Ensuite, elle doit rendre compte de la dynamique des changements techniques et des interactions entre la technique et la société. Enfin, elle s'intéresse aux conditions d'appropriation des techniques par ceux qui les conçoivent et les utilisent.

Cet usage du mot ne s'est pas répandu et l'approche s'est essouffée au milieu du 19<sup>e</sup> siècle. Sebestik attribue à deux facteurs le sort réservé en France au concept de technologie comme science de la technique. D'une part, le public potentiellement intéressé (ingénieurs, techniciens, entrepreneurs, etc.) a manifesté peu d'intérêt pour cette science. D'autre part, les programmes d'études de l'École polytechnique étaient axés sur les sciences fondamentales, sans lien avec le monde technique. Pour preuve de l'essoufflement du concept, Sebestik indique que le mot avait presque disparu en français à la fin du 19<sup>e</sup> siècle. Il est revenu à Espinas, en 1897, de le réintroduire dans la vie intellectuelle.

Une autre conception et un autre usage, présents dès la fondation de l'École polytechnique de Paris en 1794 et repris par Bigelow en 1829, se sont répandus en Europe comme aux États-Unis, en même temps que la révolution industrielle transformait les modes de production. La technologie y est plutôt considérée comme une application pratique des sciences exactes. Institutionnellement, cette conception de la technologie est mise en œuvre au Massachusetts Institute of Technology dès sa création en 1860. Près d'un siècle plus tard, Vannevar Bush conceptualise l'articulation entre science et technologie en présentant, en 1945, le modèle de la chaîne qui lie la science à l'innovation.

L'usage contemporain du terme, tel qu'on le retrouve dans les discours publics, associe la technologie à différents univers sémantiques qui recourent quatre dimensions de la vie sociale et économique. La première dimension revient sur les liens entre sciences et techniques, les technologies étant considérées comme des techniques complexes qui intègrent de nombreux savoirs formels ou scientifiques. Les sciences

produisent alors des savoirs généraux qui sont matérialisés dans des dispositifs, des systèmes et des objets (voir *Objet technique*). Nous sommes devant une classe d'objets particuliers qui émaneraient de la mise en forme des savoirs scientifiques à la suite d'une série d'étapes. Rappelons que cette liaison entre science et technique est contestée. Par exemple, Sebestik souligne que pour Canguilhem, la technique industrielle ne relève pas de la science mais plutôt d'un assemblage de savoirs provenant de différentes sources dont la science, avec qui l'emprunt potentiel est d'ailleurs réciproque.

La seconde dimension tient à la matérialité des technologies. Les technologies ont d'abord été caractérisées par leur matérialité, c'est-à-dire par l'inscription de connaissances et de savoirs dans des outils, des équipements et des machines de plus en plus agencés les uns aux autres dans des systèmes, désignés par Bertrand Gilles par le concept de « système technique » qui regroupe plusieurs technologies. Plus récemment, Gras et Hughes ont souligné les spécificités des systèmes techniques complexes, aussi appelés « macro-systèmes techniques ». En gagnant en complexité et en mettant en relation des objets et des organisations, les technologies ainsi envisagées perdent toutefois de leur matérialité, les macro-systèmes n'étant pas uniquement composés d'objets. L'étude du développement des technologies de l'information et des communications a poursuivi dans cette voie en créant à son tour une nouvelle classe : les « technologies virtuelles ». En parallèle, le concept de technologies sociales ou de technologies de gouvernement de Foucault a aussi contribué à dématérialiser le concept de technologie. Cette classe de technologies se compose en effet de dispositifs de diverses natures (lois, règlements, mesures administratives, énoncés scientifiques, équipements, etc.) qui construisent du contrôle social. Il en est ainsi de la discipline ou des technologies de l'assurance. La réflexion s'ouvre ainsi aux enjeux politiques des technologies, par exemple par le concept de biopouvoir. Ces concepts assoient d'ailleurs un ensemble de recherches sur les impacts politiques du développement technologique (voir *État, pouvoir et science* et *Infrastructure sociotechnique*).

La troisième dimension concerne l'articulation avec l'économie. La technologie est traditionnellement associée à l'entreprise et aux différents modes de production des biens, et maintenant des services. L'articulation entre technologie et innovation accentue cette asso-

ciation avec l'économie, un travail que Babbage avait amorcé dans son traité sur l'économie des machines et des manufactures en 1834. L'innovation se présente alors comme l'outil incontournable pour retrouver la croissance économique et la maintenir dans le temps. Les politiques scientifiques se muent en politiques technologiques ou de l'innovation pour mobiliser ressources et acteurs en faveur du développement économique. D'où l'attention portée au développement de la R-D et au soutien d'industries fondées sur les nouvelles technologies comme les TIC, les biotechnologies, les nanotechnologies, etc. (voir *Économie de l'innovation* et *Politique des sciences et des technologies*).

La dernière dimension, moins usuelle, associe la technologie à une communauté de praticiens partageant des savoirs communs. La technologie est considérée comme une connaissance sur les techniques, les méthodes, les conceptions de produits, les capacités d'intervention sur les objets, et partagée par un collectif. Breton a ainsi proposé, dans cette veine, d'analyser la communauté des informaticiens comme une « tribu » (voir *Normes et standards* et *Connaissance tacite*).

En somme, la technologie est loin d'être un concept univoque. Le terme est plutôt à cheval entre, d'une part, une science de la technique et, d'autre part, une classe d'objets présents dans notre vie quotidienne et qui incorporent des savoirs scientifiques.



Bigelow, Jacob (1829), *Elements of Technology*, Boston, Hiliard, Cray, Little et Wilkins.

Breton, Philippe (1990), *La tribu informatique. Enquête sur une passion moderne*, Paris, Métailié.

Ewald, François (1986), *L'État providence*, Paris, Éditions du Seuil.

Gras, Alain (1993), *Grandeur et dépendance*, Paris, Éditions du Seuil.

Guilhon, B. (2000), *Les dimensions actuelles du phénomène technologique*, Paris, L'Harmattan.

Guillerme, Jacques et Jan Sebestik (1966), « Les commencements de la technologie », *Thalès*, n° XII.

Hughes, Thomas P. (1983), *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

Lamard, Pierre et Jean-Claude Lequin (2005), *La technologie entre à l'université*, Laboratoire RECITS, Université de Bedford-Montbéliard.

Perrin, Jacques (1991), *Construire une science des techniques*, Limonest, L'interdisciplinaire.

— (1988), *Comment naissent les techniques: la production sociale des techniques*, Paris, Publisud.

Rosenberg, Nathan (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press.

Sebestik, Jan (2004), « Les commencements de la technique », postface/préface, *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 14, <http://dht.revues.org/1106>.

## Territoires et sciences

*Stéphane Castonguay*

Les lieux de production de la connaissance, la circulation des savoirs et des scientifiques dans l'espace, ainsi que l'activité cartographique constituent autant de dimensions territoriales de la science. Sociologues et historiens ont cherché à comprendre comment le fait scientifique a trouvé une légitimité et une validité universelles indépendamment des contextes socio-historiques ou politiques de son émergence. L'institution du laboratoire, depuis les résidences des premiers expérimentalistes jusqu'aux environnements contrôlés situés dans les universités ou les cliniques hospitalières, a constitué un mécanisme spécifique de production des connaissances, car dans ces lieux se concentraient le matériel et les acteurs attestant la validité du fait scientifique. Le laboratoire a permis également de démarquer des sites propices à la conduite de l'activité scientifique même si, à certaines époques, les lieux d'échanges et de découvertes ont pu inclure des espaces de sociabilité comme les pubs anglais, les cafés ou les salons, ainsi que des endroits moins mondains mais tout aussi hétéroclites, de prime abord, comme le cabinet de curiosité, le jardin zoologique ou le musée. L'étude de laboratoires contemporains a mené à inscrire ces établissements dans des réseaux pour examiner les modalités d'acquisition de crédibilité et de véracité des énoncés scientifiques à l'extérieur des seuls cercles scientifiques (voir *Sociologie des sciences* et *Histoire des sciences*). Ainsi, des établissements industriels, des sociétés financières ou des voies publiques sont apparus comme des points de passage obligés pour la reproduction de dispositifs expérimentaux, la standardisation des techniques de mesure ou la disciplinarisation des habiletés et des comportements des techniciens de laboratoire (voir *Discipline* et *Normes et standards*). Plus récemment, le « tournant spatial » en histoire des sciences a mené à montrer le caractère situé (*situatedness*) de la connaissance scientifique,

ou à relever les contraintes matérielles, nommément environnementales, pesant sur le travail des scientifiques engagés dans des travaux sur le terrain, notamment en contexte d'exploration et de colonisation (voir *Objet technique*).

Cette incursion des historiens et des sociologues sur le terrain de la géographie a mené à la production de travaux sur la circulation des savoirs et des scientifiques (voir *Migration conceptuelle*). L'enjeu ici est de comprendre comment un énoncé ou un fait scientifique est diffusé depuis son lieu de production tout en maintenant sa robustesse et son universalité dans ses déplacements. La solution résiderait dans la capacité à mettre en circulation, parallèlement, des contextes qui soient standardisés pour la production et l'application de la connaissance. Depuis l'étude des sciences impériales et des échanges entre le centre et la périphérie, où sont identifiées les capacités de l'activité scientifique à contraindre les grilles de lecture pour consolider les interprétations des phénomènes naturels, historiens et anthropologues ont cependant mis en doute la toute-puissance hégémonique de l'activité scientifique et ont plutôt proposé l'existence de formes de métissage entre les connaissances indigènes et les savoirs métropolitains.

Enfin, la production cartographique a fait l'objet de nombreuses analyses historiennes et géographiques qui ont souligné la dimension normative de cette entreprise scientifique descriptive. La carte anticiperait une réalité spatiale et non l'inverse ; comme il s'agirait de représenter moins ce qui est que ce que l'on souhaite voir représenter ou faire voir, la carte serait un modèle pour, et non un modèle de, ce qu'elle devrait représenter. Le rapport à la réalité découlerait davantage du façonnement du territoire en fonction des actions entreprises à partir des représentations cartographiques que d'un *a priori* objectif que le cartographe se contenterait de reproduire. D'ailleurs, les explorateurs et les arpenteurs qui parcourent un territoire et consignent une série d'informations pour préparer une carte sont « en mission » et leur production cartographique s'emploie tout aussi bien à remplir cette mission. En outre, la carte a une fonction éminemment nationaliste, en ce qu'elle vise à donner une unité et une cohérence à un territoire dont elle souhaite diffuser la représentation cartographique auprès de populations autrement dispersées dans une série d'espaces « discrets ». Fondée sur des travaux en anthropologie politique et culturelle, l'étude

de la production scientifique des cartes nationales et nationalistes permet de considérer les modalités de constitution du territoire de l'État-nation par les sciences mobilisées pour en délimiter les contours (voir *État, pouvoir et science*). À cet effet, la production de l'État-nation par l'activité scientifique dépasse la seule cartographie et inclut également les statistiques et les travaux d'inventaire qui fournissent une description du territoire et lui assignent des fonctions productives en rapport avec les ressources humaines et naturelles recensées.



- Anderson, Benedict (1991), *Imagined Communities. Reflections on the Origin and Spread of Nationalism*, New York, Verso.
- Edney, Matthew H. (1997), *Mapping an Empire. The Geographical Construction of British India 1765-1843*, University of Chicago Press.
- Hannah, Matthew (2000), *Governmentality and the Mastery of Territory in Nineteenth-century America*, Cambridge University Press.
- Hannaway, Owen (1986), « Laboratory Design and the Aim of Science: Andreas Libavius versus Tycho Brahe », *Isis*, vol. 77, n° 4, p. 584-610.
- Harley, J. B. (2001), *The New Nature of Maps. Essays in the History of Cartography*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Kohler, Robert (2002), *Landscapes and Labscapes, Exploring the Lab-Field Border in Biology*, University of Chicago Press.
- Kuklick, Henrika et Robert E. Kohler (dir.) (1996), *Science in the Field*, vol. 11, Osiris.
- Latour, Bruno (1993), « Le topofil de Boa Vista ou la référence scientifique – montage photo-philosophique », *Raison Pratique*, n° 4, p. 187-216.
- Livingston, David (2003), *Putting Science in Its Place: Geographies of Scientific Knowledge*, University of Chicago Press.
- Smith, Crosbie et Jon Agar (dir.) (1998), *Making Space for Science: Territorial Themes in the Shaping of Knowledge*, New York (NY), St. Martin's Press.

## Théorie de l'acteur-réseau

*Aziza Mahil et Diane-Gabrielle Tremblay*

La théorie de l'acteur-réseau, aussi appelée « sociologie de la traduction », a été développée par les chercheurs du Centre de sociologie de l'innovation de l'École des mines de Paris au début des années 1980. Bruno Latour, Michel Callon et Madeleine Akrich ont voulu mettre en

lumière les conditions de la production du savoir en s'intéressant à la genèse des objets scientifiques et techniques et à leur rôle en action (voir *Objet technique et Construction sociale des technologies*). Michel Callon, dans un article fondateur, a montré que les objets techniques émergent en englobant les intérêts d'un ensemble d'acteurs, humains et non humains, et aussi les composants matériels qui y sont associés (voir *Infrastructure sociotechnique*). Ainsi, cette théorie redéfinit le social en y insérant des catégories jusqu'ici fortement distinguées par l'épistémologie classique, comme les humains et les non-humains. Tous peuvent être considérés symétriquement comme des « actants » interagissant dans des réseaux hybrides, une symétrie qui s'avère une condition essentielle de la dynamique sociotechnique.

En privilégiant une approche ethnographique, les auteurs de la théorie de l'acteur-réseau s'intéressent moins à la vérité des résultats de la science qu'à l'analyse du processus dont découlent ces résultats, en misant sur la symétrie entre les actants (voir *Études de cas en STS*). Cette symétrie permet de traiter sur un même plan conceptuel : tous les facteurs contextuels ; les causes sociales et les causes techniques ; le discours de tous les acteurs ; les humains et les non-humains ; et les impartialités dans l'enregistrement du contexte. Toutes les composantes du réseau sociotechnique s'entremêlent sans hiérarchie ni distinction quant à leur nature. La technique émerge avec la constitution d'un réseau complexe d'actants, échappant à la logique des *a priori* et se nourrissant amplement des controverses.

La formule « acteur-réseau » désigne à la fois un réseau hétérogène d'intérêts alignés entre eux, et le processus qui mène éventuellement à la production d'un artefact sociotechnique. Ce cadre théorique repose sur certaines notions-clés. L'une est justement la distinction entre le concept d'« acteur » central, dont dépendent d'autres éléments dont il traduit la volonté dans son propre langage, et celui d'« actant », désignant à la fois les humains et les non-humains d'un même réseau. Une autre notion-clé est la « controverse », qui est une condition nécessaire à la constitution du réseau et à sa traduction par l'acteur : le terme désigne un débat sur des connaissances scientifiques ou techniques qui ne sont pas encore assurées, et dont l'apport se trouve donc à compliquer plutôt qu'à simplifier les incertitudes ambiantes (du social, de la politique, de la morale).

Le moment central de la production du réseau est celui de la « traduction », processus qui comporte trois moments. Le premier est la « construction du problème », alors que l'acteur central définit pour les autres acteurs des identités et des intérêts qui sont cohérents avec ses propres intérêts, tout en déterminant un point de passage obligé, c'est-à-dire une situation qui doit avoir lieu pour que tous les acteurs satisfassent les intérêts qui leur sont attribués. Le deuxième et le troisième moments sont l'« intéressement » et l'« adhésion », par lesquels les autres acteurs acceptent la définition de l'acteur central et les intérêts qui leur sont attribués (voir *Controverse* et *Statistisation*).

Le processus de construction sociotechnique des objets techniques est ainsi marqué par la controverse entre les actants du réseau et des jeux de négociation, qui produit une convergence des intérêts du réseau en vue d'aboutir, ultimement, à un objet technique consensuel. La création de cet artefact consensuel, c'est-à-dire qui assure la protection des intérêts de chaque acteur, est qualifiée d'« inscription ». Elle mène à un seuil d'« irréversibilité » au-delà duquel il devient impossible de faire marche arrière pour revenir à un point où il existait un choix de diverses possibilités. Le cadre théorique met alors l'accent sur le cadre socioculturel qui entoure la production des faits et l'interprétation de l'environnement culturel.

La théorie de l'acteur-réseau valorise la flexibilité interprétative, la controverse et surtout le rôle des réseaux et des groupes sociaux pour analyser l'émergence d'une technique. Celle-ci fait donc partie d'un tout complémentaire, agencé et n'obéissant à aucune hiérarchie : la technique et la société se définissent et se construisent en même temps et la distinction entre les deux est dissoute. D'où la construction simultanée du matériel et du social, et la cohabitation d'humains et de non-humains dans des réseaux complexes, cohérents et égalitaires.



Akrich, M., M. Callon et B. Latour (2006), *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*, Paris, Les Presses des mines.

Callon, M. (1986), « Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », *L'année sociologique*, vol. 36, p. 169-208.

- Callon, M. et B. Latour (1991), « Réseaux technico-économiques et irréversibilités », dans R. Boyer, B. Chavanche et O. Godard (dir.), *Les figures de l'irréversibilité en économie*, Paris, Éditions de l'EHESS.
- Latour, B. (1991), *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, Paris, La Découverte.
- (1996), *Petites leçons de sociologie des sciences*, Paris, La Découverte.
- Latour, B. et S. Woolgar (1996 [1979]), *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, Paris, La Découverte.
- Latour, B. (2005 [1989]), *La science en action. Introduction à la sociologie des sciences*, Paris, La Découverte.

## Théorie scientifique

*Luc Faucher*

La notion de théorie est centrale à la compréhension de l'activité scientifique. En effet, une bonne partie de l'activité scientifique consiste dans l'élaboration, la mise à l'épreuve, la défense ou la révision des théories. Les théories sont employées pour décrire, contrôler, prédire, expliquer et/ou comprendre les phénomènes appartenant à un domaine particulier. Comprendre ce que sont les théories, c'est donc éclairer une bonne partie de l'activité scientifique.

Les philosophes se sont intéressés aux théories scientifiques pour plusieurs raisons. D'abord, ils ont cherché à décrire de façon abstraite leur *structure* commune et la façon dont elles participent à l'explication et à la compréhension scientifiques. Ensuite, ils ont tenté de comprendre comment s'opéraient les *révisions* et les *changements* théoriques : comment on modifie une théorie pour la rendre plus conforme aux faits et/ou comment et dans quelles conditions on passe d'une théorie à une autre (voir *Paradigme*). Ils ont finalement tenté de préciser les types de rapports pouvant exister entre les théories appartenant à des domaines différents, c'est-à-dire les modalités du *pluralisme* théorique (voir *Discipline* et *Migration conceptuelle*). Dans ce qui suit, on ne s'intéressera qu'à la première question, soit celle de la structure des théories et de leur contribution à l'explication et à la compréhension scientifiques. Je présenterai deux façons de concevoir ces structures, l'une ayant eu cours jusqu'à tout récemment (le modèle syntaxique)

et une autre qui s'impose de plus en plus auprès des philosophes (le modèle mécaniste). Pour des raisons d'espace, nous ne décrirons pas un autre modèle important, soit le modèle sémantique des théories (voir *Modèles scientifiques*).

Le premier modèle est le modèle syntaxique des théories. Selon celui-ci, les théories sont des systèmes axiomatiques déductifs, partiellement interprétés empiriquement. Les théories sont des structures linguistiques composées d'un vocabulaire logique et extra-logique. Le vocabulaire logique comprend des opérateurs de calcul des prédicats de premier ordre (et, ou, etc.) et des quantificateurs (tous, aucun). Le vocabulaire extra-logique comprend les prédicats qui forment les termes descriptifs de la théorie. Les prédicats des théories comprennent un vocabulaire observationnel (Vo), décrivant des entités et leurs attributs, et un vocabulaire théorique (Vt), qui pose des règles de correspondance. Ce sont ces règles qui donnent le contenu empirique des théories. On dit le système « partiellement interprété empiriquement » parce que la signification ultime des théories se ramène à ce qu'elle dit du monde, même si une théorie peut faire des prédictions non encore réalisées et qui ne se réaliseront peut-être jamais – d'où le caractère partiel de l'interprétation empirique.

Dans le modèle syntaxique, les théories sont construites par un processus de généralisation/abstraction, qui passe d'une étape de description et de généralisation empiriques à une volonté de compréhension plus théorique, et donc de l'emploi d'un vocabulaire surtout observationnel à l'introduction d'« entités théoriques postulées », selon la formule de Hempel, plus ou moins éloignées de l'observation directe. Ainsi, une généralisation ou loi empirique de la chimie pourrait décrire la formation régulière d'un certain composé à la suite de la réaction entre deux substances chimiques, avant qu'une loi plus théorique n'invoque des concepts, comme ceux de liaison ionique, d'électron, de valence et de couche électronique, afin d'expliquer pourquoi ces substances peuvent former un composé.

Selon ce modèle, expliquer un phénomène consiste à le déduire d'une loi (ou d'une conjonction de lois) et d'un ensemble de conditions initiales. Ce modèle « déductif nomologique » ne va pas sans problème : il néglige certains patrons causaux et ne décrit pas bien l'usage concret des théories par les scientifiques dans nombre de domaines,

des lacunes largement débattues parmi les philosophes (voir *Lois scientifiques*).

Le second modèle est le modèle mécaniste. Dans ce modèle, une théorie est une représentation décrivant un mécanisme et sa contribution au phénomène que l'on souhaite expliquer. Un mécanisme peut être conçu comme un ensemble d'entités (ou de parties) et d'activités (ou de processus) organisées de telle façon qu'elles produisent conjointement, dans certains contextes, des changements réguliers d'un point de départ (état initial) à un état final. L'explication procède donc en représentant les entités et leurs activités ainsi que les étapes par lesquelles on passe de l'état initial à l'état final. Ces explications peuvent aider à comprendre comment le système se comporte, mais aussi comment il pourrait se comporter dans une variété de situations contrefactuelles (si le système avait cet intrant-ci, il se comporterait de cette façon-ci; s'il avait celui-là, il se comporterait plutôt de cette façon-là).

Selon ce modèle, le scientifique cherche d'abord à identifier les parties du mécanisme et à décrire le type d'activité qui les caractérise. Dans un second temps, il cherche à comprendre l'organisation particulière de ces parties et la façon dont se coordonnent leurs activités pour produire le phénomène. Dans certains cas, il pourra aussi chercher à reconnaître les contextes dans lesquels le mécanisme fonctionne normalement, ou chercher à comprendre la contribution de l'environnement au fonctionnement du mécanisme.

L'explication mécaniste considère habituellement le phénomène étudié comme une variété d'un type idéalisé de mécanisme : on explique donc le fonctionnement d'un mécanisme particulier en disant qu'il est un mécanisme de tel ou tel type. On pourrait, à partir de la représentation du fonctionnement typique d'un cœur, expliquer le fonctionnement du cœur d'Ulysse en disant que c'est un mécanisme du même type, malgré quelques légères différences (voir *Analogie et métaphore en sciences*). Dans certains cas où le mécanisme peut produire le même résultat de plusieurs façons, ou encore plusieurs résultats différents, on considère l'explication du phénomène comme l'« instantiation d'un réseau causal » d'un modèle mécaniste particulier. Ce peut être le cas du patient se plaignant d'un ulcère : notre représentation du mécanisme menant à l'ulcère décrit plusieurs voies vers ce résultat, comme la consommation d'antihistaminiques ou l'action d'une bactérie. Expliquer le cas de ce

patient précis consistera à préciser le type de réseau causal responsable de cet ulcère précis.

Enfin, on peut distinguer l'explication qui invoque un mécanisme « uni-niveau », c'est-à-dire dont les composantes et activités sont toutes du même type et au même niveau explicatif (par exemple, l'explication d'une capacité psychologique qui n'invoquerait que l'interaction de composantes cognitives), et l'explication qui invoque un mécanisme « multi-niveau », où les composantes et activités sont réparties sur plusieurs niveaux (par exemple, une explication du cancer qui mentionne à la fois le rôle de l'environnement, de l'alimentation, des cellules souches et des mutations génétiques). On dira d'une explication qu'elle est *réductionniste* si elle privilégie un niveau fondamental du mécanisme (les gènes, par exemple), qu'elle est *holiste* si elle stipule qu'il faut donner un poids égal à chaque niveau, ou qu'elle est *pluraliste* si elle n'accorde pas de privilège explicatif *a priori* à un niveau en particulier, c'est-à-dire si le choix d'un niveau particulier ou l'intégration de plusieurs niveaux dépend des questions auxquelles le scientifique tente de répondre ; on parle alors parfois de *pluralisme pragmatique* ou de *pluralisme sur une base empirique*.



Bechtel, W. (2009), « Looking Down, Around, and Up: Mechanistic Explanation in Psychology », *Philosophical Psychology*, vol. 22, p. 543-564.

Bickle, J. (2006), « Reducing Mind to Molecular Pathways: Explicating Reductionism Implicit in Current Cellular and Molecular Neuroscience », *Synthese*, vol. 151, n° 3, p. 411-434.

Carnap, R. (1966), *An Introduction to the philosophy of science*, New York, Dover Publications.

Chakravartty, A. (2001), « The Semantic or Model-Theoretic View of Theories and Scientific Realism », *Synthese*, p. 325-345.

Craver, C. F. (2002), « Structures of Scientific Theories », dans P. K. Machamer et M. Silberstein (dir.), *Blackwell Guide to the Philosophy of Science*, Malden (MA), Blackwell, p. 55-79.

Craver, C.F. (2007), *Explaining the Brain. Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience*, Oxford University Press.

De Vreese, L., E. Weber et J. Van Bouwel (2010), « Explanatory Pluralism in the Medical Sciences: Theory and Practice », *Theoretical Medical Bioethics*, vol. 31, p. 371-390.

Hempel, C. G. (1965), *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York, Free Press.

- Hempel, C. G. (1994), « Fundamentals of Taxonomy », dans J. Sadler, O. Wiggins et M. Schwartz (dir.), *Philosophical Perspectives on Psychiatric Diagnostic Classification*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, p. 315-331.
- Murphy, D. (2010), « Complex Mental Disorders, Representation, Stability and Explanation », *European Journal of Analytical Philosophy*, vol. 6, n° 1, p. 28-42.
- Suppe, F. (1989), *The Semantic View of Theories and Scientific Realism*, Chicago, University of Illinois Press.
- Thagard, P. (1999), « Explaining Disease: Correlations, Causes and Mechanisms », *Mind and Machines*, vol. 8, p. 61-78.
- Woodward, J. (2009), « Scientific Explanation », dans Edward N. Zalta (dir.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*.

## Transfert de technologie

Hocine Khelifaoui †

Le transfert de technologie (TT) est un processus par lequel un capital de connaissances acquis par une partie (par exemple, une université) est transféré vers une autre partie (par exemple, une entreprise) en vue d'être appliqué et exploité commercialement (voir *Diffusion de la technologie* et *Gestion de la technologie*).

Le TT repose sur plusieurs outils, tous plus ou moins liés à la collaboration entre le monde de la science et le monde de l'industrie. Cette collaboration tend d'ailleurs à devenir une priorité des politiques nationales de développement industriel (voir *Systèmes d'innovation*). Le TT repose ainsi sur un ensemble d'activités intersectorielles articulées et fondées sur l'adéquation recherche-industrie, la création et l'essaimage d'entreprises, les technopôles ou parcs scientifiques, les incubateurs, etc. Il existe différents itinéraires de TT : d'un laboratoire de recherche vers une entreprise, d'une entreprise vers une autre entreprise au sein d'un même pays, ou d'un pays vers un autre (voir *Internationalisation de la R-D*). Dans ce dernier cas, le TT n'implique généralement que des entreprises ; stratégiques, les résultats scientifiques ne se cèdent ni ne se vendent généralement d'une université à une entreprise étrangère.

Le TT met en jeu non seulement l'apprentissage technique de l'objet transféré, mais les formes d'organisations, de relations professionnelles et de cultures locales. L'aboutissement final des TT dépend largement

des particularités de chaque contexte social: c'est pourquoi le TT se heurte à des conditions de réalisation qui varient d'un milieu social à un autre et, surtout, d'une société à une autre.

Historiquement, le TT s'est répandu pour la première fois pendant les années 1960-1970. Il a été pratiqué essentiellement par certains pays du « tiers-monde » (Égypte, Mexique, Algérie, etc.) animés d'une politique développementiste inspirée du modèle occidental (voir *Clivage technologique*). D'importants équipements industriels ont d'abord été acquis dans le cadre d'un programme de TT dit « clé en main »; après l'échec de la formule, on a poursuivi cette politique sous une forme dite « produit en main », qui connut le même sort. Faute d'appropriation sociale, les usines importées ont fonctionné pendant un temps comme des isolats avant de sombrer dans l'obsolescence. D'où l'émergence de l'hypothèse de non-transférabilité de la technologie: des auteurs comme Samir Amin et André Gunter Frank avaient déjà anticipé l'échec de ce « modèle d'industrialisation ». Des agences internationales continuent cependant à soutenir le TT vers les pays en développement en élargissant son domaine d'action. Ainsi, pour l'Agence canadienne de développement international, « le transfert de technologie inclut la transmission de procédés industriels et/ou d'informations, le transfert d'équipements, de compétences et de connaissances permettant d'utiliser et d'exploiter la technologie ainsi que toutes les stratégies et politiques connexes nécessaires à l'appui d'un objectif de développement ».

La deuxième forme de TT s'est développée à partir des années 1990, notamment depuis que le foyer de la concurrence économique est passé de la production quantitative à la production qualitative, soit de la reproduction à l'innovation. Elle concerne surtout les pays ayant acquis une base minimale en matière de maîtrise sociale des technologies. Ce modèle de TT consiste souvent à transmettre des connaissances issues d'une université vers un centre de recherche-développement, ce dernier ayant à en assurer, en restant en relation avec les concepteurs et les producteurs, l'adaptation, l'expérimentation et les essais à des fins commerciales. En somme, il n'y a de TT que s'il y a collaboration entre les trois milieux impliqués, soit l'université, le centre de recherche-développement et l'entreprise de production. Dans les parcs scientifiques ou technopôles, les trois milieux peuvent resserrer leurs liens jusqu'à fusionner.

Dans cette situation, la technologie constitue une innovation issue d'une invention scientifique ou, plus rarement, d'une découverte. Elle peut être aussi le résultat d'une transformation qualitative d'une technologie existante. Invention, découverte ou idée ne se traduisent en innovation qu'après leur reproduction et leur marchandisation. C'est dans le champ de la production marchande que naît l'innovation. Plus récemment, le TT s'effectue également d'une entreprise à une autre au sein d'une même société: il peut désigner une nouvelle technologie en cours de matérialisation ou une technologie déjà prouvée mais dont le droit de propriété est détenu par l'institution qui en assure le transfert. Dans ce cas, l'entreprise qui l'acquiert n'a qu'un droit d'utilisation (voir *Alliances technologiques*).

Cependant, au-delà des droits de propriété, il n'y a pas de relation unilatérale, de cause à effet, entre le sort de la technologie et ses objectifs initialement prescrits. Le TT ne conduit pas nécessairement, c'est-à-dire indépendamment du contexte social, culturel, économique, juridique, environnemental et politique, à une maîtrise sociale de la technologie. Au final, en effet, ce sont toujours les usagers, groupes ou organisations sociales, qui donnent leur pleine signification aux technologies, et qui font réussir, échouer ou neutraliser l'objet technique (voir *Objet technique*). Il y a toujours, comme le note Victor Scardigli, une flexibilité, voire une imprévisibilité des usages. C'est cette réalité qui est au cœur du TT et qui a conduit à l'échec d'expériences coûteuses tentées par certains pays du tiers-monde. C'est la raison pour laquelle le TT n'est pas un gage de maîtrise sociale des technologies.



Alter, N. (2000), *L'innovation ordinaire*, Paris, PUF.

Debresson, C. (1989), « Les pôles technologiques de développement », *Revue Tiers-Monde*, vol. 30, n° 118, p. 245-270.

Gunter Frank, A. (1978), *L'accumulation dépendante*, Paris, Anthropos.

Perrin, J. (1992), « Pour une révision de la science régionale. L'approche par les milieux », *Revue canadienne des sciences régionales*, vol. 15, p. 155-197.

Proulx, S. (2002), « Trajectoire d'usage des technologies de communication : les formes d'appropriation d'une culture numérique comme enjeu d'une société des savoirs », *Annales des télécommunications*, vol. 57, n°s 3-4, p. 180-189.

Scardigli, V. (1996), « Innovation et changement social », *Sciences Humaines*, vol. 59, p. 20-23.

Schartz, Y. (1991), « La dimension anthropologique de la technique et ses défis », dans Jacques Perrin (dir.), *Construire une science des techniques*, Limonest, L'Interdisciplinaire Technologie(s), p. 87-109.

Trist, E. et F. Emery (1960), « Sociotechnical Systems », dans C. W. Churchman et M. Verhurst (dir.), *Management Science, Models and Techniques*, Londres, Pergamon Press, vol. 2, p. 83-97.

## Université

*Lyse Roy*

La science, entendue dans le sens général de connaissance, est au cœur de la mission originelle de l'université. La conception médiévale du savoir excluait toutefois de sa mission explicite les activités de production de connaissance. L'université médiévale avait essentiellement pour mission la diffusion de la culture savante. Les connaissances transmises dans la faculté des arts et les facultés supérieures de médecine, de droit et de théologie étaient donc fondées sur les écrits canoniques des autorités de l'Antiquité ainsi que sur des manuels composés au Moyen Âge. Ce modèle, qui établissait un cloisonnement entre enseignement et recherche, a persisté jusqu'au 19<sup>e</sup> siècle. Les activités de recherche menées avant ce moment ont donc été réalisées hors de l'université – quoique le plus souvent par des hommes ayant une formation universitaire –, c'est-à-dire dans les académies, les cours princières et les sociétés savantes, les institutions qui défendaient, promouvaient et stimulaient alors les progrès de la science (voir *Territoires et sciences*).

La recherche s'institutionnalise à l'université à partir du milieu du 19<sup>e</sup> siècle. En Allemagne d'abord, sous l'impulsion de Wilhelm von Humboldt notamment, l'institution universitaire se transforme de façon radicale en intégrant en son sein la recherche et assume dès lors la fonction de production du savoir en plus de celle de l'enseignement. L'université s'ouvre alors à de nouvelles disciplines, dont les mathématiques, la physique, la chimie, la philologie ou l'histoire (voir *Discipline*). Elle modifie ses formes d'enseignement en organisant, en plus des cours magistraux, des séminaires et des laboratoires. Ces transformations majeures donnent naissance au professeur-chercheur, qui œuvre pour le bien commun et jouit d'une grande autonomie dans ses

travaux de recherche. Le modèle universitaire allemand commence à s'imposer aux États-Unis dans le dernier quart du 19<sup>e</sup> siècle, puis prévaut en Amérique et dans la plupart des pays européens, sauf ceux qui choisissent de concentrer la recherche dans des institutions séparées, comme la France avec le CNRS et la Chine avec ses académies des sciences.

L'intégration de la recherche à l'université s'élabore sur plusieurs décennies. Elle implique que la recherche soit structurée au sein de départements et produite dans un contexte disciplinaire. La diffusion des connaissances fondamentales est assurée par des publications scientifiques, validées par les pairs (voir *Évaluation par les pairs*). Si ce modèle a connu au début ses détracteurs, à qui les activités de recherche et d'enseignement paraissaient incompatibles, sa pertinence s'est peu à peu construite autour de l'idée de la stimulation mutuelle de l'enseignement et de la recherche, chaque activité enrichissant l'autre. Jusque dans les années 1980, le financement de la recherche est essentiellement assuré par des fonds publics (voir *Financement de la science*).

Le contexte économique des années 1980 amène l'émergence d'un nouveau paradigme axé sur l'innovation et la valorisation économique de la recherche. L'intensification de la rivalité internationale dans les affaires et l'industrie, le développement d'une économie basée sur le savoir et le déclin du financement public représentent les conditions d'émergence de l'université entrepreneuriale, un troisième modèle universitaire qui a pour corollaire la naissance du chercheur-entrepreneur. Institution de production du savoir et de diffusion de la connaissance, l'université est désignée comme le moteur de l'innovation capable d'assurer sur la longue durée la prospérité de l'État (voir *Économie de l'innovation*). Jugée auparavant distante et isolée (d'où l'image d'une tour d'ivoire), l'université est dès lors propulsée sur la scène économique. Aussi les pouvoirs publics mettent-ils en place des politiques de valorisation de la recherche et de ses potentialités commerciales, et cherchent à tisser des liens plus étroits entre l'université et les industries. L'université, sous-financée par le secteur public, se tourne vers les fonds privés pour financer la recherche. Le phénomène est global et touche l'ensemble des universités, peu importe le degré d'intensité de leurs activités de recherche. Les gouvernements mettent en place des fonds ciblés et compétitifs, de nouveaux programmes universitaires

et adoptent des législations, dont le *Bayh-Dole Act* américain fournit le modèle. La valorisation de la recherche est alors comprise comme un processus de capitalisation du savoir: les savoirs fondamentaux doivent se transformer en produits commerciaux. Elle prend plusieurs formes (contrats de recherche entre l'université et l'industrie, brevets, licences, mobilité des chercheurs en stage dans les entreprises, création d'entreprises par les chercheurs eux-mêmes, création d'incubateurs d'entreprises et de parcs scientifiques) et, si elle touche certes des domaines privilégiés ayant des applications concrètes et commercialisables comme la biotechnologie, la technologie de l'information et les communications, cette recherche de valorisation s'étend aussi à d'autres secteurs.

L'université entrepreneuriale renvoie également à la gouvernance même de l'institution, qui intègre les exigences et l'idéologie du marché en étant motivée par des attentes de profit et en se comportant comme une entreprise concurrentielle et non plus comme une corporation. Certains universitaires se montrent favorables à une telle transformation de l'université, y voyant l'avènement d'une seconde révolution de l'institution universitaire, voire l'émergence d'une université nouvelle. Ils élaborent le modèle de la « triple hélice », où le chevauchement Université-Industrie-Gouvernement est perçu positivement et où l'ajout d'une troisième fonction universitaire, celle du développement économique, aux fonctions traditionnelles d'enseignement et de recherche, renforce leurs dynamiques respectives. D'autres chercheurs accueillent avec plus de circonspection cette transformation et y voient une sorte de « capitalisme académique », une menace pour l'intégrité traditionnelle de l'université dont les effets pervers sont perceptibles sur les plans de l'autonomie académique, de la qualité de la recherche fondamentale et de la formation des étudiants.



Charle, Christophe et Jacques Verger (1994), *Histoire des universités*, Paris, Presses Universitaires de France, coll. « Que sais-je? ».

Etzkowitz, H. *et al.* (2000), « The Future of the University and the University of the Future: Evolution of Ivory Tower to Entrepreneurial Paradigm », *Research Policy*, vol. 29, n° 2, p. 313-330.

Malissard, Pierrick, Yves Gingras et Brigitte Gemme (2003), « La commercialisation de la recherche », *Actes de la recherche en sciences sociales*, n° 148, p. 57-67.

Slaughter, S. et L. L. Leslie (1997), *Academic Capitalism : Politics, Policies and the Entrepreneurial University*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

Tuunainen, Juha (2005), « Hybrid Practices? Contributions to the Debate on the Mutation of Science and University, *Higher Education*, vol. 50, n° 2, p. 275-298.

## Usager, figures de l'usager

*Serge Proulx et Lorna Heaton*

Dans les années 1990, les modèles théoriques déployés pour décrire l'activité des usagers de dispositifs sociotechniques ont paru insuffisants à bon nombre de chercheurs (voir *Déterminisme technologique*). Les approches dominantes, centrées sur l'interaction entre les usages du dispositif et les pratiques ou représentations des usagers, ont alors laissé place à des approches moins « techno-centrées ». Les observateurs se sont plutôt attachés à décrire la totalité de « l'activité en situation », où la mobilisation d'un dispositif technique par l'agent humain n'est qu'une dimension parmi d'autres. Dans le cadre de ce paradigme, les observateurs ont plutôt décrit la façon dont les agents se coordonnent entre eux, et avec les dispositifs sociotechniques, en habitant de façon durable un environnement équipé de technologies de communication (voir *Infrastructure sociotechnique*).

L'observateur considère ainsi d'emblée l'utilisateur, non plus dans son rôle strict d'utilisateur d'un dispositif sociotechnique, mais bien plutôt en tant qu'agent déployant une activité et mobilisant des compétences spécifiques dans une situation donnée. La sociologie des usages est ainsi renouvelée par un recours systématique à de nouvelles conceptions du travail, de l'organisation et de l'activité. Selon Christian Licoppe, un nouveau programme de recherche s'est constitué autour de quatre grandes orientations ethnographiques : le modèle de la cognition distribuée ; la théorie de l'activité ; les courants d'inspiration ethnométhodologique (analyse de conversation, action située, « *workplace studies* ») ; des développements récents de la sociologie des sciences et des techniques (théorie de l'acteur-réseau, tournant pragmatique, attachements, agencements sociotechniques). Les « agents » dont parlent les observateurs contemporains (par-delà des postures épistémologiques divergentes) ne sont plus les « acteurs » mis en scène par la première

sociologie des usages : les « usagers » sont désormais considérés en tant qu'« agents » et les observateurs décrivent les « activités » de ces agents en situation plutôt que les « usages » d'utilisateurs considérés uniquement dans leurs interactions en face à face avec les dispositifs (voir *Théorie de l'acteur-réseau* et *Modèles scientifiques*).

Du point de vue des transformations des figures de l'utilisateur, les observateurs liés à ces courants définissent un usager considéré comme *agissant dans la situation* dans laquelle le dispositif technique intervient à un degré plus ou moins important, ce dispositif n'étant plus considéré comme central ni dans la description ni dans l'explication sociologique de la situation. L'utilisateur est investi de compétences spécifiques : non seulement il possède une maîtrise relative du dispositif technique mais surtout, il agit de manière (à la fois) autonome et contrainte, compte tenu des dispositions et compétences acquises dans le contexte organisationnel de la situation. L'utilisateur est par conséquent considéré comme un « acteur en situation » qui possède des habiletés spécifiques et partage des pratiques de travail avec ses collègues. Une autre différence tient à la notion de contexte. Dans le cadre des sociologies pragmatiques, il n'est plus question de définir le contexte comme un « à-côté » ou une « toile de fond » : la nouvelle posture des observateurs pragmatiques laisse aux usagers eux-mêmes le soin de désigner ce qui est pertinent pour leurs actions. L'on passe ainsi d'un (ancien) point de vue centré sur un usager agissant dans un contexte défini *a priori* par l'observateur à une démarche d'observation qui laisse aux acteurs eux-mêmes le soin de définir le contexte de leurs actions. Cet usager « fait des choses dans un environnement » en mobilisant (ou non) des technologies de communication dans la réalisation de ses actions (voir *Étude de cas*).

L'observateur abandonne ainsi la logique d'un face à face entre l'utilisateur et le dispositif, perspective longtemps dominante dans les traditions de recherches concernées par les interactions humain/machine. Ces nouvelles approches seraient alors plus à même de pouvoir penser la « multi-modalité » (*multitasking*) dans l'activité ou encore, l'entrelacement des technologies mobilisées par les acteurs. Les agents individuels construisent des identités plurielles en fonction des types de situations vécues (couple, famille, travail, lieux publics). Les agents effectuent des passages entre diverses logiques d'action et divers « régimes d'enga-

gement » selon leurs déplacements entre les situations. Enfin, dans le contexte des médias sociaux, des « usagers collectifs » formant des réseaux et des communautés d'usagers ont tendance à jouer un rôle de plus en plus structurant dans les activités (voir *Amateurs et Innovation ouverte*).



- Denis, J. (2003), « La combinaison des outils de communication à l'interface de la relation-client dans les TPE », *Réseaux*, vol. 121, p. 71-92.
- Engeström, Y. (1990), *Learning, Working and Imagining: Twelve Studies on Activity Theory*, Helsinki, Orienta-Konsultit Oy.
- Hutchins, E. (1995), *Cognition in the Wild*, Cambridge, MIT Press.
- Jauréguiberry, F. et S. Proulx (2011), *Usages et enjeux des technologies de communication*, Paris, Érès éditions.
- Licoppe, C. (2008), « Dans le "carré de l'activité" : perspectives internationales sur le travail et l'activité », *Sociologie du travail*, vol. 50, p. 287-302.
- Norman, D. (1993), « Les artefacts cognitifs », *Raisons Pratiques*, n° 4, p. 15-35.
- Proulx, S., M. Millette et L. Heaton, dir. (2012), *Médias sociaux : enjeux pour la communication*, Presses de l'Université du Québec.
- Suchman, L. A. (2007), *Human-Machine Reconfigurations. Plans and Situated Actions*, 2<sup>e</sup> édition, New York, Cambridge University Press.
- Thévenot, L. (2006), *L'action au pluriel. Sociologie des régimes d'engagement*, Paris, La Découverte.
- Vygotsky, L.S. (1978), *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*, Cambridge, Harvard University Press.



## Liste des collaborateurs

**Marc Banik**, professeur au département de management et technologie, École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal

**Jean-Pierre Beaud**, professeur et doyen de la Faculté de science politique et de droit, Université du Québec à Montréal

**Catherine Beaudry**, professeure au département de mathématiques et de génie industriel, École Polytechnique de Montréal

**Serge Bernier**, chercheur associé au Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie

**Frédéric Bouchard**, professeur au département de philosophie de l'Université de Montréal, titulaire de la chaire ESOP de philosophie, directeur du Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie

**Stéphane Castonguay**, professeur au département des sciences humaines de l'Université du Québec à Trois-Rivières, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en histoire environnementale du Québec

**L. Martin Cloutier**, professeur au département de management et technologie, École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal

**Nathalie de Marcellis-Warrin**, professeure au département de mathématiques et de génie industriel, École Polytechnique de Montréal

**Pierre Doray**, professeur au département de sociologie, Université du Québec à Montréal

**François Duchesneau**, professeur au département de philosophie, Université de Montréal

**Luc Faucher**, professeur au département de philosophie, Université du Québec à Montréal

**Marcel Fournier**, professeur au département de sociologie, Université de Montréal

**Élisabeth Gauthier**, directrice de recherche, Ressources naturelles Canada

**Anastassios Gentzoglannis**, professeur au département de finances, Université de Sherbrooke

**Yves Gingras**, professeur au département d'histoire de l'Université du Québec à Montréal, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en histoire et sociologie des sciences, directeur scientifique de l'Observatoire des sciences et des technologies

**Alexandre Guay**, professeur à l'Institut supérieur de philosophie, Université catholique de Louvain

**Vincent Guillin**, professeur au département de philosophie, Université du Québec à Montréal

**Petr Hanel**, professeur émérite au département d'économique, Université de Sherbrooke

**Lorna Heaton**, professeure au département de communication, Université de Montréal

**Franck Jovanovic**, professeur à l'École de management, Université de Leicester

**Peter Keating**, professeur associé au département d'histoire, Université du Québec à Montréal

**Julien Landry**, doctorant en Science, technologie et société, Université du Québec à Montréal

**Vincent Larivière**, professeur à l'École de bibliothéconomie et des sciences de l'information de l'Université de Montréal, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante

**Guillaume Latzko-Toth**, professeur au département d'information et de communication, Université Laval

**Pascal Lemelin**, agent de recherche à l'Observatoire des sciences et des technologies

**Aziza Mahil**, doctorante au département d'organisation et ressources humaines, École des sciences de la gestion, Université du Québec à Montréal

**Mathieu Marion**, professeur au département de philosophie, Université du Québec à Montréal

**Jean-Pierre Marquis**, professeur au département de philosophie, Université de Montréal

**Annie Martin**, doctorante au département de mathématiques et de génie industriel, École Polytechnique de Montréal

**Ghislaine Mathieu**, doctorante en bioéthique au département de médecine sociale et préventive, Université de Montréal

**Florence Millerand**, professeure au département de communication sociale et politique, Université du Québec à Montréal

**Stéphane Moulin**, professeur au département de sociologie, Université de Montréal

**Jorge Niosi**, professeur au département de management et technologie, École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en gestion de la technologie

**Ingrid Peignier**, vice-présidente du Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations

**Marie-Josée Potvin**, doctorante en bioéthique au département de médecine sociale et préventive, Université de Montréal

**Jean-Guy Prévost**, professeur et vice-doyen à la Faculté de science politique et de droit, Université du Québec à Montréal

**Serge Proulx**, professeur à l'École des médias, Université du Québec à Montréal

**Julien Prud'homme**, chercheur associé au Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie

**Jean-Pierre Robitaille**, coordonnateur de l'Observatoire des sciences et des technologies

**Lyse Roy**, professeure au département d'histoire, Université du Québec à Montréal

**Bernard Schiele**, professeur à l'École des médias, Université du Québec à Montréal

**Christophe Schinkus**, professeur à l'École de management, Université de Leicester

**Élise Smith**, doctorante en bioéthique au département de médecine sociale et préventive, Université de Montréal

**Diane-Gabrielle Tremblay**, professeure à l'École des sciences administratives, Téléuq

**Jean-Louis Trudel**, professeur au département d'histoire, Université d'Ottawa

**Jean-Philippe Warren**, professeur au département de sociologie et d'anthropologie de l'Université Concordia, titulaire de la Chaire d'études sur la Québec

**Bryn William-Jones**, professeur au département de médecine sociale et préventive, Université de Montréal

**Majlinda Zhegu**, professeure au département de management et technologie, École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal

## Index

- académie, 88, 118, 120, 244, 245  
agent, 13, 38, 39, 63, 70, 72, 81, 82, 84, 91,  
101, 130, 146, 151, 173, 222, 226, 227,  
247, 248  
algorithme, 16, 30, 140, 204  
anthropologie, 24, 39, 86, 184, 192, 193,  
207, 209, 233  
Archimède, 88, 98, 117, 203  
Aristote, 43, 120, 168, 169, 172, 193, 203,  
206  
artefact, 24, 25, 57, 58, 94, 161, 164, 165,  
166, 167, 217, 235, 236  
astronomie, 15, 16, 118, 126, 169  
  
Bachelard, Gaston, 86, 87, 121, 122, 123  
Bacon, Francis, 88, 173, 209  
base de données, 16, 17, 27, 28, 30, 46, 127,  
128, 213  
*big science*, 177  
biologie, 35, 37, 39, 43, 44, 82, 87, 120, 121,  
128, 154, 172, 175, 176, 201  
biopolitique, biopouvoir, 90, 230  
boîte noire, 25, 57, 66, 140, 166  
Bourdieu, Pierre, 38, 39, 40, 70, 71, 76, 77,  
97, 98, 181, 215, 218  
Boyle, Robert, 173  
brevet, 22, 23, 29, 30, 31, 32, 84, 101, 107,  
125, 130, 132, 139, 140, 141, 225, 246  
Bush, Vannevar, 71, 74, 89, 178, 179, 190,  
191, 229  
  
Canguilhem, Georges, 121, 123, 174, 175,  
176, 230  
capital, capitalisme, 38, 39, 40, 60, 67,  
70, 79, 80, 84, 85, 97, 103, 109, 110, 142,  
179, 190, 241, 246  
Carnap, Rudolf, 145, 173, 240  
chimie, 53, 63, 89, 105, 114, 117, 137, 154,  
181, 189, 201, 238, 244  
Chine, 117, 137, 138, 191, 245  
collaboration, 14, 27, 38, 108, 113, 129,  
130, 131, 134, 138, 140, 217, 241, 242  
collège invisible, 17, 214  
Collins, Harry, 54, 55, 56, 57, 214  
commercial, commercialisation, 11, 13,  
14, 30, 31, 48, 71, 82, 83, 84, 88, 89,  
125, 130, 131, 139, 141, 142, 158, 179,  
222, 241, 245, 246  
comparaison, 19, 31, 95, 187, 221  
Comte, Auguste, 120, 172, 192, 194, 207,  
209, 210, 211, 212  
Condillac (Étienne Bonneau de), 172  
conflit, 39, 57, 74, 92, 152, 175  
consommateur, 59, 75, 92, 100, 101, 102,  
177, 181, 226, 228  
consommation, 24, 101, 147, 207, 220,  
226, 239  
coopération, 13, 14, 15, 130, 137, 147, 163,  
164, 185, 223  
corroboration, 145, 149, 192, 205  
création, créativité, 11, 18, 20, 24, 25, 59,  
60, 69, 70, 74, 88, 125, 130, 141, 142,

- 155, 156, 190, 195, 199, 223, 236, 241, 246
- Darwin, Charles, 13, 64, 150, 189
- découverte, 16, 35, 36, 37, 41, 76, 84, 88, 130, 139, 143, 144, 147, 149, 150, 156, 170, 178, 187, 192, 205, 209, 210, 232, 243
- déduction, déductif, 34, 145, 151, 153, 203, 205, 238
- démocratie, 93, 155, 211
- Descartes, René, 88, 120, 172, 204, 209
- description dense, 95
- diffusion, 21, 27, 28, 48, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 101, 102, 142, 146, 147, 157, 181, 192, 224, 226, 227, 244, 245
- dispositif, 24, 25, 44, 72, 73, 94, 128, 129, 146, 156, 165, 166, 167, 183, 184, 185, 197, 198, 199, 211, 230, 232, 247, 248
- Durkheim, Émile, 172, 195, 206, 212, 218
- échelle, 79, 80, 90, 102, 116, 164, 166, 185, 198, 220, 222, 223
- Einstein, Albert, 92, 132
- empirisme, 121, 170
- empirisme logique, 87, 144, 151, 173, 192
- entrepreneur, 139, 140, 142, 163, 229, 245, 246
- entreprise, 13, 14, 30, 31, 51, 64, 67, 68, 69, 72, 73, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 89, 90, 101, 102, 109, 110, 113, 114, 115, 125, 132, 136, 137, 141, 142, 178, 179, 189, 190, 198, 202, 215, 224, 225, 226, 227, 230, 241, 242, 243, 246
- État, 11, 14, 44, 45, 88, 89, 90, 97, 110, 139, 175, 177, 178, 179, 184, 187, 216, 217, 221, 224, 234, 245
- États-Unis, 64, 68, 81, 89, 97, 99, 107, 115, 122, 136, 137, 138, 139, 140, 156, 175, 184, 189, 190, 191, 229, 245
- ethnographie, 61, 95, 96, 128, 214, 235, 247
- ethos, 159, 213
- eugénisme, 187
- expert, expertise, 17, 33, 45, 63, 87, 88, 100, 108, 161, 163, 178, 182, 194, 195, 199, 207, 211
- Fleck, Ludwig, 121, 123, 213
- Foucault, Michel, 61, 76, 77, 91, 166, 167, 218, 230
- frontière technologique, 47, 48
- Galilée, 118, 143, 169, 172, 193, 204
- Garfield, Eugene, 26, 41, 42, 43, 104, 213
- généralisation, 36, 37, 152, 203, 238
- géographie, 15, 21, 33, 118, 146, 164, 201, 233
- gestion, questionnaire, 13, 33, 42, 51, 59, 67, 68, 90, 92, 93, 114, 115, 116, 127, 164, 175, 202, 222
- gouvernement, 13, 14, 21, 50, 89, 90, 92, 99, 100, 110, 112, 115, 124, 133, 137, 175, 177, 178, 190, 207, 215, 220, 225, 230, 245, 246
- guerre, 41, 70, 76, 81, 88, 89, 90, 99, 117, 118, 121, 122, 136, 175, 177, 178, 189, 208
- habitus, 39
- Hacking, Ian, 45, 46, 61, 62, 123, 169, 171, 174, 218
- Hempel, Carl, 145, 152, 153, 173, 174, 205, 238, 240, 241
- Hessen, Boris, 212
- hétérogène, 77, 87, 126, 140, 147, 152, 153, 163, 166, 235
- hiérarchie, 34, 38, 43, 108, 213, 215, 235, 236
- homogène, 37, 63, 153, 190
- Hooke, Robert, 120
- hypothèse, 20, 63, 67, 83, 108, 134, 192, 193, 203, 204, 205, 217, 242
- idéologie, 64, 65, 98, 173, 192, 212, 246
- induction, inductif, 34, 36, 95, 120, 203, 204
- industrie, industriel, 14, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 51, 55, 72, 73, 77, 80, 88, 89, 92, 99, 100, 101, 112, 113, 121, 125, 131, 136, 137, 139, 140, 142, 155, 156, 158, 178, 179, 182, 184, 189, 190, 191, 201, 207, 209, 221, 225, 229, 230, 231, 232, 241, 242, 245, 246

- informatique, 15, 30, 41, 55, 127, 147, 164, 187, 223
- ingénieur, ingénierie, 28, 58, 59, 91, 112, 115, 116, 117, 119, 135, 137, 139, 140, 161, 196, 208, 229
- innovation, 13, 21, 23, 25, 27, 30, 31, 40, 48, 49, 50, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 84, 89, 92, 93, 100, 101, 102, 109, 112, 115, 116, 117, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 142, 150, 164, 177, 178, 179, 189, 200, 201, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 234, 242, 243, 245
- interaction, 17, 23, 46, 51, 77, 101, 115, 125, 142, 146, 147, 156, 166, 183, 184, 185, 198, 199, 204, 229, 240, 247, 248
- interactionniste, 39, 163
- intérêt, 22, 38, 39, 52, 53, 60, 64, 68, 76, 91, 92, 93, 113, 127, 151, 157, 171, 182, 197, 207, 219, 220, 235, 236
- international, 13, 27, 31, 44, 48, 83, 84, 90, 102, 107, 116, 128, 133, 136, 137, 138, 155, 158, 218, 225, 242, 245
- Internet, 17, 27, 28, 52, 64, 96, 127, 130, 146, 147, 166, 197, 199, 223
- jeu, 16, 30, 39, 63, 70, 82, 131, 227, 236
- Kuhn, Thomas, 54, 61, 62, 86, 87, 122, 123, 152, 168, 169, 170, 171, 187, 188, 193, 194, 206, 214
- laboratoire, 14, 75, 89, 112, 113, 114, 128, 130, 136, 137, 139, 140, 176, 178, 185, 189, 190, 214, 215, 223, 224, 225, 232, 241, 244
- langage, 60, 97, 146, 168, 180, 181, 235
- Latour, Bruno, 40, 61, 62, 63, 95, 96, 123, 140, 167, 214, 215, 218, 234, 236, 237
- Lavoisier, Antoine, 189
- légal, légalité, 30, 91, 99, 141
- Leibniz, Gottfried, 144, 172, 205
- libéral, libéralisme, 90, 208
- linéaire, modèle ou approche linéaire, 47, 48, 71, 89, 146, 178
- Linné, Carl von, 43, 161, 189
- Locke, John, 173
- logiciel, 16, 25, 26, 33, 74, 131, 140, 165, 223
- machine, 24, 30, 67, 88, 127, 147, 154, 155, 166, 230, 231, 248
- MacLuhan, Marshall, 157
- Manuel d'Oslo, 142, 143, 224
- Manuel de Frascati, 190, 191, 224
- marxisme, 24, 53, 212
- mathématique, 20, 30, 117, 118, 143, 144, 153, 154, 169, 172, 180, 193, 203, 204, 216
- Maxwell, James, 169
- médecine, 17, 19, 42, 119, 175, 176, 181, 196, 221, 244
- médias sociaux, 17, 198, 249
- médicament, 99
- Merton, Robert K., 39, 42, 43, 97, 159, 170, 213
- métaphysique, 43, 144, 145, 169, 172
- militaire, 88, 89, 90, 117, 118, 119, 177
- modèle, 18, 19, 22, 33, 38, 39, 47, 48, 50, 51, 57, 60, 68, 71, 73, 76, 79, 80, 83, 84, 89, 97, 99, 136, 142, 145, 146, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 163, 164, 169, 170, 175, 178, 180, 181, 185, 203, 204, 205, 209, 210, 217, 218, 222, 226, 227, 229, 233, 237, 238, 239, 242, 244, 245, 246, 247
- mondialisation, 70, 90, 136
- morale, 44, 57, 64, 110, 169, 187, 207, 209, 235
- national, 15, 22, 27, 28, 31, 47, 76, 80, 85, 89, 101, 102, 110, 115, 119, 133, 137, 142, 175, 190, 217, 218, 222, 224, 225, 233, 234
- Newton, Isaac, 117, 120, 143, 144, 169, 170, 172, 173, 187, 193, 205, 212
- normatif, 42, 44, 55, 92, 133, 193, 203, 213, 233
- norme, 39, 55, 57, 58, 64, 70, 72, 91, 100, 158, 159, 162, 196, 201, 205, 213, 219
- Occam, Guillaume d', 46

- OCDE, 13, 47, 80, 109, 137, 142, 190, 191, 201, 224, 225
- organisation, 13, 14, 15, 33, 45, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 82, 115, 124, 125, 127, 128, 130, 131, 133, 142, 146, 158, 164, 172, 179, 187, 189, 198, 200, 201, 207, 208, 210, 211, 212, 225, 230, 239, 241, 243, 247, 248
- Parsons, Talcott, 213
- participation, 15, 16, 17, 33, 34, 73, 88, 100, 107, 127, 156
- pharmaceutique, 92, 99, 107
- Polanyi, Karl, 53, 54, 56
- Popper, Karl, 86, 174, 192, 205
- Porter, Roy, 181, 182
- Porter, Theodore, 158, 160, 162, 188, 208, 218, 221, 223
- positivisme, 144, 152, 192, 209, 210
- preuve, 29, 99, 141, 196, 221, 229
- probabilité, 46, 105, 201, 204, 218, 226, 228
- programme fort, 61, 193, 214
- progrès, 37, 47, 50, 51, 66, 79, 83, 84, 98, 100, 120, 122, 155, 157, 168, 171, 201, 207, 209, 244
- psychologie, 33, 54, 209
- psychologique, 37, 192, 210, 240
- Ptolémée, 169
- public, espace et débat publics, 13, 14, 15, 22, 29, 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 63, 64, 65, 79, 82, 84, 89, 90, 92, 101, 110, 111, 112, 113, 116, 124, 125, 130, 131, 137, 139, 146, 157, 175, 177, 178, 189, 190, 191, 194, 198, 207, 208, 211, 220, 221, 224, 225, 229, 232, 245, 248
- Quételet, Adolphe, 188
- rapports sociaux, 60, 67, 68, 117, 158, 166, 215
- recherche appliquée, 125, 178
- recherche fondamentale, 50, 89, 109, 178, 229, 245, 246
- réduction, 16, 125, 150, 175, 202, 227, 240
- régional, 13, 22, 27, 79, 84, 101, 102, 142, 222, 225
- religion, 64, 182, 215
- Renaissance, 88, 139
- réseau, 23, 31, 72, 93, 94, 95, 108, 114, 125, 126, 127, 128, 146, 153, 158, 163, 164, 166, 167, 198, 199, 214, 226, 228, 232, 234, 235, 236, 239, 240, 247, 249
- révolution industrielle, 99, 121, 139, 155, 229
- révolution scientifique, 54, 122, 123, 168, 169, 170, 193, 203, 214
- revue, 27, 28, 41, 42, 64, 76, 104, 105, 116, 120, 122, 134, 138, 213, 226
- robot, 55, 91
- Royal Society, 97, 120, 173, 189
- Schumpeter, Joseph, 81, 85, 111, 115, 140, 141, 142, 143
- scientométrie, 27, 104, 213
- Simondon, Gilbert, 165, 166, 168
- singularité, 87, 92, 95
- Sokal, Alan, 214
- Sorokin, Pitirim, 188, 212
- spécialiste, spécialisation, 52, 65, 83, 84, 90, 95, 108, 133, 134, 139, 207
- stratégie, 14, 15, 24, 31, 32, 38, 39, 48, 49, 62, 67, 82, 89, 94, 95, 115, 131, 132, 136, 147, 181, 220, 227, 241, 242
- système, 19, 20, 22, 30, 35, 36, 43, 44, 45, 46, 47, 67, 68, 70, 71, 76, 77, 82, 98, 99, 100, 110, 115, 123, 126, 127, 128, 133, 139, 141, 142, 166, 169, 185, 187, 190, 209, 210, 212, 213, 215, 222, 223, 224, 225, 230, 238, 239
- technologie de l'information, 67, 91, 130, 137, 147, 224, 230, 246
- technoscience, 51, 89, 94, 122, 123, 156
- vérité, 39, 40, 53, 61, 144, 170, 171, 192, 195, 205, 235
- Weber, Max, 172, 213

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Remerciements                                           | 7  |
| <i>Parlez-vous STS ?</i>                                | 9  |
| Alliances technologiques                                | 13 |
| Amateurs                                                | 15 |
| Analogie et métaphore en sciences                       | 18 |
| Approches d'entrée-sortie                               | 21 |
| Appropriation des technologies                          | 24 |
| Bibliométrie                                            | 26 |
| Brevets et développement de la propriété intellectuelle | 29 |
| Cartographie conceptuelle                               | 32 |
| Catégorie                                               | 35 |
| Champ                                                   | 37 |
| Citation                                                | 40 |
| Classification                                          | 43 |
| Clivage technologique                                   | 47 |
| Communication publique des sciences et des technologies | 49 |
| Connaissance tacite                                     | 53 |
| Construction sociale des technologies                   | 57 |
| Constructivisme social                                  | 61 |
| Controverse                                             | 63 |
| Déterminisme technologique                              | 66 |
| Développement et technologie                            | 69 |
| Diffusion de la technologie et des innovations          | 71 |
| Discipline                                              | 74 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Économie de l'innovation : innovation, croissance et productivité          | 78  |
| Économie évolutionniste                                                    | 81  |
| Économie, science et technologie                                           | 83  |
| Épistémologie                                                              | 85  |
| État, pouvoir et science                                                   | 88  |
| Éthique et déontologie                                                     | 91  |
| Études de cas en STS                                                       | 94  |
| Évaluation par les pairs                                                   | 97  |
| Évolution de la réglementation en science et technologie                   | 99  |
| Externalités de R-D                                                        | 101 |
| Facteur d'impact                                                           | 104 |
| Femmes et sciences                                                         | 106 |
| Financement de la science et technologie                                   | 109 |
| Fraudes scientifiques                                                      | 111 |
| Gestion de la technologie                                                  | 114 |
| Guerre, science et technologie                                             | 117 |
| Histoire des sciences                                                      | 119 |
| Impacts économiques de la science, de la technologie<br>et de la recherche | 124 |
| Infrastructure sociotechnique                                              | 126 |
| Innovation ouverte                                                         | 129 |
| Interdisciplinarité                                                        | 133 |
| Internationalisation de la R-D                                             | 136 |
| Inventeurs                                                                 | 138 |
| Invention et innovation technologique                                      | 141 |
| Lois scientifiques                                                         | 143 |
| Médias et technologie                                                      | 146 |
| Migration conceptuelle                                                     | 148 |
| Modèles scientifiques                                                      | 151 |
| Musées de science et centres de science                                    | 154 |
| Normes et standards                                                        | 158 |
| Objectivité et régulation                                                  | 160 |
| Objet-frontière                                                            | 163 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Objet technique (artefact, instrument, machine, dispositif) | 165 |
| Paradigme                                                   | 168 |
| Philosophie des sciences                                    | 171 |
| Plateformes biomédicales                                    | 174 |
| Politique de la science et de la technologie                | 177 |
| Professionnalisation de la science                          | 180 |
| Public et publics des musées                                | 183 |
| Quantification et mesure                                    | 186 |
| Recherche et développement (R-D)                            | 189 |
| Relativisme                                                 | 191 |
| Représentations sociales                                    | 194 |
| Réseau socionumérique                                       | 197 |
| Risques technologiques                                      | 200 |
| Science                                                     | 203 |
| Sciences sociales                                           | 206 |
| Scientisme et politique                                     | 209 |
| Sociologie des sciences                                     | 212 |
| Sociopolitique de la statistique                            | 216 |
| Statistisation                                              | 219 |
| Système statistique national                                | 221 |
| Systèmes d'innovation                                       | 223 |
| Taux d'adoption de l'innovation                             | 226 |
| Technologie                                                 | 228 |
| Territoires et sciences                                     | 232 |
| Théorie de l'acteur-réseau                                  | 234 |
| Théorie scientifique                                        | 237 |
| Transfert de technologie                                    | 241 |
| Université                                                  | 244 |
| Usager, figures de l'utilisateur                            | 247 |
| Liste des collaborateurs                                    | 251 |
| Index                                                       | 255 |



## Autres titres en libre accès aux Presses de l'Université de Montréal

*Aménagement du paysage urbain. École d'architecture du paysage, 2003-2013* • Nicole Valois (dir.)

*L'idée d'université. Anthologie des débats sur l'enseignement supérieur au Québec de 1770 à 1970* • Claude Corbo avec la collaboration de Marie Ouellon

*L'interculturel au Québec. Rencontres historiques et enjeux politiques* • Lomomba Emongo et Bob W. White (dir.)

*Montréal en paysages* • Philippe Poullaouec-Gonidec et Sylvain Paquette

*Un nouvel ordre mondial made in China ?* • Mamoudou Gazibo et Roromme Chantal

*Petit guide de survie des étudiants* • Marie Lambert-Chan

*Pratiques de l'édition numérique* • Marcello Vitali-Rosati, Michaël Eberle-Sinatra (dir.)

*Le Québec en jeu. Comprendre les grands défis* • Gérard Daigle et Guy Rocher (dir.)

*Le savoir des livres* • Benoît Melançon (dir.)

*Les scientifiques et la paix. La communauté scientifique internationale au cours des années 20* • Brigitte Schroeder-Gudehus

*Les visages de la police. Pratiques et perceptions* • Jean-Paul Brodeur

Vaccination, OGM, épidémies, contraception, changements climatiques : voilà des sujets portant à controverse où la science semble autant juge que partie. Mais que sait-on vraiment du fonctionnement de la science et de la technologie ? Louées ou honnies, elles font intimement partie de notre vie, sans que nous ne comprenions toujours comment, ou pourquoi.

Ce dictionnaire unique en son genre cartographie nos liens complexes avec la science et la technologie envisagées comme phénomènes humains. Il détaille le vocabulaire et les questions de la « STS » (Sciences, technologies et sociétés), champ des sciences humaines voué à la compréhension critique des savoirs et de leurs usages. Chaque entrée présente l'état des recherches sur un aspect précis des sciences et des technologies et rend compte des acquis théoriques, des méthodes d'enquête et des débats en cours.

Fruit du réseau d'expertise du Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), ce livre mobilise plusieurs disciplines – sociologie, philosophie, management, communication, science politique, histoire, économie et scientométrie –, tout en mettant à l'avant des concepts communs.

Le grand public, les étudiants, les décideurs et les chercheurs y trouveront un outil de référence nécessaire pour réfléchir autrement à ces questions qui nourrissent nos inquiétudes et nos plus grands espoirs.

#### LES DIRECTEURS

Julien Prud'homme est chercheur associé au CIRST et professeur associé à l'Université du Québec à Montréal. Pierre Doray est professeur au Département de sociologie à l'Université du Québec à Montréal. Frédéric Bouchard est directeur du CIRST et le premier titulaire de la chaire ÉSOPE de philosophie, à l'Université de Montréal. Cet ouvrage est aussi le fruit d'un comité scientifique composé de Jean-Pierre Beaud, Yves Gingras, Serge Proulx et Majlinda Zhegu.

19,95 \$ • 18 €

Couverture : Le grand collisionneur de hadrons © CERN

Disponible en version numérique

[www.pum.umontreal.ca](http://www.pum.umontreal.ca)

ISBN 978-2-7606-3495-4



9 782760 634954