

LA PRIVATISATION DE LA SCIENCE EST-ELLE INÉLUCTABLE ?

Michel Callon

École des mines de Paris,
Centre de sociologie de l'innovation, Paris (France)

Introduction

Au cours de l'année écoulée, deux événements se sont produits qui marquent un tournant dans les relations entre les pouvoirs publics et la recherche de base.

Le premier est récent. Le jeudi 21 octobre 1993, la Chambre des Représentants et le Sénat américains se sont mis d'accord pour mettre un terme au projet de construction dans le Texas de l'accélérateur de particules géant : le supercollisionneur. Ce n'est évidemment pas la première fois que les hommes politiques s'opposent à certains projets pharaoniques des scientifiques. Mais jusqu'ici les physiciens, notamment les physiciens des particules, avaient su s'assurer l'indéfectible soutien des pouvoirs publics. Le charme est visiblement rompu. Comme le disait un des députés interviewés par CNN : « ce que font ces physiciens est sans aucun doute très intéressant et d'excellente qualité, mais nous ne savons pas très bien à quoi cela va servir et puis, surtout, c'est vraiment beaucoup trop cher ».

Le second événement est un peu plus ancien, mais il n'a rien perdu en actualité. Lors d'une séance solennelle organisée le mercredi 28 octobre au siège de l'Unesco à Paris, le docteur Charles Auffray, directeur de recherche au CNRS, présentant les derniers résultats obtenus en matière de décryptage du génome humain, annonçait la décision prise par les chercheurs français d'offrir leurs découvertes à la communauté internationale. Cette intervention avait pour objectif avoué de « s'opposer à des initiatives américaines visant à breveter certaines portions du patrimoine héréditaire de l'espèce humaine ».

Ces épisodes sont exemplaires. Ils montrent l'affrontement de plus en plus ouvert entre deux logiques : celle de la recherche désintéressée et celle de la recherche rentable. La science devient une affaire d'intérêts privés, et quand l'État intervient c'est de plus en plus fréquemment pour s'allier à ces intérêts.

Doit-on s'inquiéter ou se féliciter de cette évolution ? Faut-il ou non accepter la privatisation de la science ? Faut-il défendre à tout prix l'idée d'une science accessible à tous, circulant librement ? Ou au contraire ne convient-il pas de se réjouir en constatant que les entreprises, longtemps accusées de se désintéresser de la recherche, prennent ou reprennent conscience de son importance dans la compétition économique. Le devoir des gouvernements n'est-il pas, dans ces conditions, d'accompagner

et de faciliter ce mouvement plutôt que de continuer à soutenir des scientifiques enfermés dans leur tour d'ivoire ?

Ces questions devraient être abordées dans une perspective plus large que celle de la seule efficacité économique. La science constitue une composante importante de notre culture et nous supporterions difficilement qu'elle soit accaparée par des intérêts privés. Mais aujourd'hui mon propos sera plus limité. Je me contenterai d'examiner et de discuter les arguments économiques qui peuvent être avancés en faveur du soutien de la science par les pouvoirs publics. Faut-il et si oui pour quelles raisons – pour quelles raisons économiques – accepter que nos gouvernements consacrent une partie de *leurs* ressources, c'est-à-dire de *nos* ressources, à financer la recherche de base ?

A cette question, ma réponse sera oui, et sans ambiguïté. D'un point de vue économique, la science doit être considérée comme un bien public et elle doit par conséquent échapper au marché ne serait-ce que pour assurer un meilleur fonctionnement de celui-ci. Mais ce résultat, comme je tenterai de le montrer, ne peut être obtenu qu'à condition d'abandonner les arguments proposés par les économistes eux-mêmes. Il suppose un retournement complet de nos manières de penser et une définition nouvelle des biens publics. Pour opérer ce retournement, je m'appuierai sur les principaux résultats obtenus, au cours de ces dernières années, par l'anthropologie et la sociologie des sciences et des techniques. C'est à ce renversement et aux conséquences – notamment politiques et organisationnelles – qui en résultent que je vais consacrer cet exposé.

La science comme bien public

Partons donc de l'analyse proposée par l'économie politique. Des générations d'étudiants ont appris que la science était un bien public et qu'à ce titre elle devait être soutenue par les gouvernements. Cette argumentation inspire les décideurs et personne ne la discute sérieusement. Elle est partagée par les scientifiques eux-mêmes et semble cohérente avec le sens commun.

L'argument général tient en trois propositions :

- 1) La connaissance scientifique présente un certain nombre de caractéristiques intrinsèques qui rendent impossible sa complète transformation en marchandise, et c'est en ce sens qu'elle constitue ce que les économistes appellent un bien public ;
- 2) Il en résulte que les mécanismes du marché conduisent les entreprises à sous-investir dans la production scientifique et par là même à s'éloigner de l'optimum social ;
- 3) Pour réparer cette défaillance du marché, le gouvernement doit stimuler les investissements à la fois par des interventions directes et par un système d'incitations (1).

Commençons donc par discuter la définition de la science comme bien public, ou plutôt comme bien quasi-public pour en tirer dans un second temps un certain nombre d'enseignements. La démonstration comporte deux parties. La science est un bien et la science est un bien quasi-public.

La science comme bien

Les connaissances scientifiques de base sont assimilables à des biens. Le mot est difficile à préciser. On pourrait parler de choses. L'essentiel est qu'elles soient dotées

d'une matérialité qui leur permettent de circuler, d'être échangées, d'être engagées dans des transactions commerciales. Etant une chose la connaissance scientifique peut même être volée. Ce matérialisme semble choquant par sa vulgarité. Il est néanmoins parfaitement défendable. Pour lui donner consistance et robustesse les économistes utilisent la notion d'information.

Comme l'écrivent David et Dasgupta : « L'information est de la connaissance qu'on a mise sous la forme de messages qui peuvent être transmis à des agents et déclenchent des décisions qu'ils n'auraient pas prises ou qui auraient eu un contenu différent s'ils n'avaient pas reçu ce message ».

Deux éléments sont importants dans cette définition. Le premier est la référence au message qui suppose un support matériel : le message peut être un énoncé ou un ensemble d'énoncés écrits ou oraux, mais il peut être également inscrit dans un être humain, une substance, une machine ou un produit. Une information est une connaissance mise en forme, c'est-à-dire inscrite dans un support, plus ou moins durable, qui permet sa transmission.

Ce message, quel que soit le support utilisé pour le transmettre, n'est considéré comme une information que s'il déclenche une action, s'il fait agir. L'énoncé : « La structure de l'ADN est une double hélice » n'est une information que dans la mesure où elle possède une valeur d'usage pour celui qui la reçoit. Une connaissance qui n'a pas été transformée en information n'intéresse pas l'économiste, car elle n'existe pas sous une forme qui permet la circulation et l'échange. Ce n'est pas une chose, un bien mobilisable et elle ne peut être transformée en marchandise.

Ces informations revêtent des formes très variables. Dasgupta et David, par exemple, proposent de reprendre la distinction classique entre connaissances explicites et connaissances incorporées. Les connaissances explicites sont également dites codifiées, c'est-à-dire qu'elles sont « exprimées dans un format standardisé qui permet notamment de les rendre compactes ce qui permet une transmission, une vérification, un stockage et une reproduction aisés et peu coûteux ». L'archétype de la connaissance codifiée est évidemment l'énoncé utilisant le langage ordinaire : la structure de l'ADN est une double hélice ; ou le soleil émet des neutrinos... Mais les codes utilisables sont multiples ; chaque discipline a son langage : celui des mathématiques n'est pas celui de la sociologie.

Aux connaissances *codifiées*, s'opposent les connaissances *incorporées*. Comme leur nom l'indique, ces connaissances sont inscrites dans des corps humains (scientifiques, techniciens...) ou dans des instruments ou machines. Ces connaissances prennent la forme de savoir-faire, de tours de main, d'automatismes techniques, qui jouent un rôle essentiel dans l'interprétation des résultats, le montage et la réalisation des expériences, etc.

Ceci rapproche la pratique de la science d'un art. Pour jouer du piano, aléser une pièce métallique ou résoudre une équation aux dérivées partielles, il ne suffit pas de savoir comment on fait, il faut avoir incorporé des automatismes et des savoir-faire dont aucune description ne permet d'épuiser le contenu.

Des énoncés codifiés, des corps, des machines, des substances : voilà quelques-uns des messagers qui sont mis en circulation et qui font agir ceux qui s'en emparent.

Qu'elles soient codifiées ou incorporées les connaissances peuvent être assimilées

à des biens. On échange, on vole, on dissimule, on prête indifféremment des textes, des scientifiques, des échantillons, des appareils de mesure. Il reste à se demander sous quelles conditions des connaissances peuvent être transformées en marchandises échangées sur un marché. C'est là qu'intervient la notion de bien public.

La science comme bien quasi-public

Pour décider si les connaissances scientifiques, préalablement réduites à l'état d'informations, peuvent être transformées en marchandises, il faut d'abord se poser la question de leur appropriabilité. La marchandise suppose en effet un transfert de droit de propriété. Un bien est appropriable s'il est possible pour celui qui l'utilise ou le consomme d'exclure tout autre utilisateur ou consommateur potentiel. C'est pourquoi à la notion d'appropriabilité est généralement préférée celle d'*excludability*. Pour traduire *excludability*, je propose de remettre à l'honneur le vieux mot français d'exclusivisme. Je parlerai donc indifféremment d'appropriabilité ou d'exclusivisme d'un bien. Un bien sera dit exclusif s'il est possible d'en interdire l'accès à un tiers. Lorsqu'on ne peut en empêcher l'accès on dira qu'il est non appropriable ou non exclusif. Les connaissances scientifiques constituent-elles des biens appropriables, exclusifs ? En d'autres termes, si A vend une information à B, B est-il assuré de jouir d'un usage exclusif de cette information ?

La réponse des économistes est nuancée. La facilité d'appropriation dépend à l'évidence du support dans lequel est inscrite l'information. Pour aller vite, je dirai que plus l'information est encodée dans des textes et moins elle est aisément appropriable ; plus elle est inscrite dans des corps humains ou dans des artefacts techniques et plus il est facile de s'assurer de son exclusivité. Il est plus aisé de dupliquer un énoncé que de dupliquer un mathématicien ou un instrument sophistiqué dont les plans sont enfermés dans un coffre-fort.

Cette différence n'est pas absolue. C'est une différence de degré. Les connaissances codifiées supposent en effet un code. Celui-ci peut être plus ou moins largement partagé, plus ou moins facilement décryptable. On sait que les scientifiques du XVII^e siècle codaient parfois leurs résultats pour s'assurer de la propriété de la découverte, au moins pendant un certain temps. En 1610, Galilée, pour s'assurer de la priorité d'une découverte sans avoir à la divulguer, envoya à l'ambassadeur de Toscane à Prague, l'annonce de son observation des trois planètes de Jupiter sous la forme anagrammatique suivante :

SNAUSNRNUOETAKEYNUBYBEBYGTIAYROAS.

Que l'on pense, plus près de nous au travail des mathématiciens et des ordinateurs pendant la guerre froide pour crypter les messages. Le choix d'un code largement partagé, lui-même constitué en bien public, n'a rien de nécessaire : c'est une décision et non une fatalité.

La conclusion qu'il faut retenir est la suivante : l'appropriation n'est pas impossible, mais en l'absence de réglementation (hypothèse nécessaire puisque je m'intéresse aux caractéristiques intrinsèques des biens) l'appropriation complète est très coûteuse.

La qualification de la science comme bien quasi-public, et non comme bien public à part entière, tient précisément à ce qu'elle est dans une certaine mesure appropriable, alors qu'en bonne orthodoxie un vrai bien public doit être complètement inappropriable.

Le second attribut d'un bien public est la *non-rivalité*. Un bien est rival lorsque A et B doivent entrer en compétition s'ils veulent l'utiliser. Vous pouvez manger un poisson, ou bien c'est moi qui peux le manger, mais nous ne pouvons pas le manger tous les deux ! Un bien est non rival parce qu'une fois qu'il a été produit, A et B n'entrent pas en compétition pour son utilisation. Je peux écouter une émission de radio ou mettre en œuvre un code informatique sans que ceci vous empêche d'en faire autant et ne réduise le plaisir ou l'utilité que vous en retirez. D'un point de vue économique, la propriété de non-rivalité est essentielle. Elle signifie qu'une fois que le bien a été produit il n'est pas nécessaire d'engager d'autres investissements car le coût de sa réplique est nul (ou quasi-nul). Pour la théorie économique, la science – considérée comme la production d'énoncés codifiés – est le prototype du bien non rival. C'est la conséquence de l'équivalence introduite entre connaissance et information. Si je vous dis que je sais de bonne source que les aiguilleurs du ciel français seront en grève la semaine prochaine, vous allez pouvoir utiliser cette information sans me priver de son usage. En vous mettant dans la confiance, en vous passant l'information, je ne m'en prive pas. De la même manière, même si je vous donne la formule de l'hormone de croissance, je peux continuer à l'utiliser pour mes propres recherches. Piet Hut et John Bahcall, deux astrophysiciens de l'Institut de Princeton, peuvent écrire au même moment la même équation liant le sort de deux galaxies, tandis que John Bahcall pour aller à Philadelphie ne peut pas utiliser la Ford de Piet Hut qui se rend au même moment à New York. La voiture est un bien rival, tandis que l'équation est un bien non rival.

Cette propriété s'applique également aux compétences incorporées dans des êtres humains. En mobilisant ses savoir-faire un expert n'empêche pas un autre expert de mobiliser au même moment les mêmes savoir-faire. Comme je le montrerai un peu plus loin, ce raisonnement est faux, mais avouez qu'il possède une certaine force de conviction. Tous les économistes s'accrochent à cette propriété, qui si elle disparaissait, justifierait la possible transformation de la science en marchandise.

La connaissance scientifique, envisagée du point de vue de la théorie économique, possède en outre deux autres propriétés importantes.

Elle est un bien durable c'est-à-dire qu'elle ne se détruit pas dans l'usage. La cigarette part en fumée, la voiture s'use ; l'information scientifique, elle, conserve son utilité. Il y a mieux : plus on s'en sert et plus sa valeur augmente, puisqu'elle prouve sa fécondité et s'enrichit en élargissant le champ de ses applications. Deuxièmement, la production des connaissances est incertaine : dans les cas les plus extrêmes on ne peut prédire ni les résultats ni leur utilité.

Résumons. Si l'on fait abstraction des normes sociales ou des dispositifs légaux qui en règlementent l'usage, la connaissance scientifique est un bien difficilement appropriable ; c'est un bien non rival et durable. Sa production est entourée, au moins dans certains cas, de profondes incertitudes.

Pour un économiste, cet ensemble de propriétés définit un bien public, ou plutôt un bien quasi-public, puisque toutes les conditions ne sont pas complètement remplies. La production d'un bien, qui de par ses propriétés intrinsèques, a le statut de bien public ne peut être assurée par le marché à un niveau optimal.

En l'absence de réglementation assurant des droits de propriété sur les connaissances scientifiques qu'elles produisent, les firmes refuseront d'investir dans la recherche puisque les résultats profiteront autant à leurs concurrents qu'à elles-mêmes. À l'inverse un dispositif rigoureux empêchant les agents économiques d'utiliser pour leur propre compte les connaissances et les savoir-faire produits par l'un d'entre eux, irait à l'encontre de l'intérêt général. En effet, un bien dont l'usage répété augmente la valeur et la fécondité, un bien qu'un nombre aussi grand de firmes que l'on veut peut utiliser sans qu'aucune d'entre elles ne soit pénalisée, un bien qui une fois produit ne demande plus aucun investissement supplémentaire, ne peut être confisqué par un acteur privé qu'au détriment de l'optimum social.

**Les apports de la sociologie et de l'anthropologie des sciences :
la science n'est pas un bien public au sens de la théorie économique**

En voulant démontrer l'incompatibilité entre science et marché, les économistes font preuve d'habileté. Le malheur est que leur démonstration est fondée sur des hypothèses fausses. À la lumière des résultats récents de la sociologie des sciences et des techniques, il est aisé de montrer que rien dans la science ne l'empêche d'être transformée en marchandise.

D'abord une confirmation du point de vue matérialiste adopté par l'économie. OUI, la science est une *chose*, ou plutôt un ensemble de *choses complémentaires* : elle n'existe pas en dehors des divers matériaux dans lesquels elle est inscrite. L'anthropologie des sciences est même allée plus loin dans la description de ces supports et de leur variété. Les informations codifiées incluent les articles et les livres mais également les brevets, les demandes d'aide, les contrats, les rapports et même les diagrammes produits directement par les instruments et plus généralement ce que Bruno Latour a proposé d'appeler les inscriptions.

Par ailleurs, les anthropologues ont insisté encore plus fortement que leurs collègues économistes sur le rôle crucial joué dans la production des connaissances scientifiques par les instruments et les matériaux, ainsi que les savoir-faire et les techniques qui permettent de les mettre en œuvre.

Si l'on voulait visualiser cela, il suffirait de transposer une expérience proposée par H. Simon : imaginons de colorier en rouge les énoncés et les théories, et en vert toutes les autres inscriptions ainsi que les compétences incorporées dans les êtres humains et les instruments. Un martien contemplant notre science depuis sa planète découvrirait un vaste océan vert parcouru par de rares et fragiles filaments rouges.

Mais les économistes renouent avec une vision étrangement idéaliste de la science lorsqu'ils abordent la difficile question de la non-rivalité. Considérons le cas dans lequel cette thèse semble incontestable : celui de l'énoncé codifié.

Le premier résultat de la sociologie des sciences est d'avoir démontré qu'un énoncé ou une théorie isolés sont tout simplement inutiles et inutilisables. Vous pouvez tirer un article ou un livre à des milliers d'exemplaires, le diffuser à travers le monde, le parachuter au-dessus de la Gaspésie ou du Texas. Vous pouvez de la même manière envoyer *urbi et orbi* des étudiants bien formés, des instruments bien calibrés. Si tous ces

éléments ne se rencontrent pas au même endroit, au même moment, la dissémination n'aura été que peine perdue. L'énoncé ne sera repris par personne, les savoir-faire n'auront aucun objet auquel s'appliquer, les instruments et les machines resteront dans leurs cartons. Je ne résiste pas au plaisir de raconter l'anecdote suivante, qui n'est pas empruntée à la sociologie des sciences, mais qui fait comprendre la nécessité de cette complémentarité. Le 7 mai 1992, à la suite des émeutes de Los Angeles, l'agence Reuter a émis la dépêche suivante : « On raconte qu'un émeutier qui ne connaissait pas le mode d'emploi d'un magnétoscope volé pendant les émeutes l'a directement rapporté à la police ». Cet apologue, qui éclaire ce qu'après Austin on pourrait appeler les conditions de félicité de l'usage de la technique, s'applique parfaitement à la science et à ses énoncés. Si Watson vole dans la corbeille de Rosalind les diagrammes de diffraction de rayons X c'est parce que son collègue Crick est en mesure de les déchiffrer. Je propose d'appeler cette thèse, la thèse de *l'inutilité intrinsèque des énoncés* (thèse qui s'applique également aux savoir-faire et aux instruments considérés isolément). Elle n'est que la conséquence du travail fondamental de H. Collins sur la duplication. Il a démontré de manière définitive l'impossibilité de donner un sens à un énoncé si le travail de duplication des compétences et des instruments n'a pas été réalisé : on ne peut considérer ces différents éléments indépendamment les uns des autres.

C'est un peu comme si on voulait expliquer la colonisation par les seuls soldats ou par les seuls missionnaires : les trois sont nécessaires à l'extension de l'empire comme, pour étendre et mobiliser les connaissances scientifiques, sont nécessaires à la fois les énoncés, les compétences incorporées et les instruments.

Du point de vue qui m'occupe aujourd'hui, celui de l'économie, les conséquences de ces résultats sont considérables. Si A utilise l'énoncé E, nous dit la théorie économique, il n'est pas spolié par le fait que B utilise le même énoncé. Oui, mais exactement dans le même sens que lorsque je roule dans ma Ford Taurus dont le numéro de série est BCD109876, je ne suis pas spolié par monsieur Tremblay qui roule dans la même Ford Taurus, dont le numéro de série est BCD109877. L'énoncé utilisé par A n'est ni plus ni moins semblable à celui utilisé par B, qu'une Ford Taurus est semblable à une autre Ford Taurus ou que la tour n° 1 du World Trade Center est semblable à la tour n° 2. Deux énoncés semblables en action dans deux situations différentes sont deux biens différents dont l'usage et la mise en œuvre ont supposé des investissements spécifiques. La science y compris dans ses formes les plus codifiées ne peut donc être assimilée à un bien non rival.

La science est-elle un bien public local ?

A cette analyse, certains économistes pourraient avancer l'objection suivante. Pour qu'un bien soit non rival, il n'est pas nécessaire qu'il soit accessible à un coût non nul. Pour tenir compte des investissements (compétences, instruments et équipements, et plus généralement actifs complémentaires) à son usage, il suffit d'introduire la notion de bien public local. Un énoncé peut être considéré comme librement utilisable par tous ceux qui appartiennent à la communauté des spécialistes. Pour ces spécialistes, c'est-à-dire pour tous ceux qui ont accepté de consentir les investissements requis, l'énoncé est un bien non rival. L'utilisation d'une Honda Accord nécessite également des investisse-

ments complémentaires (infrastructure routière, apprentissage de la conduite), mais ceci ne la transforme pas pour autant en bien non rival. Tous les conducteurs qui ont un permis et ont accès aux réseaux des routes qu'ils contribuent à financer, s'ils veulent disposer d'une voiture doivent déboursier une somme correspondant (en situation de concurrence parfaite) au Coût marginal de la production d'un exemplaire supplémentaire de Honda Accord. Ce qui distingue l'énoncé de la Honda Accord, c'est son coût de reproduction qui est négligeable. Il faut distinguer entre la gratuité de l'utilisation d'un bien et sa disponibilité.

Cet argument est superficiel. Examinons-le en détail en nous efforçant de reconstituer le coût complet du processus qui va de la production d'un énoncé à son usage effectif en passant par sa reproduction, au lieu de séparer arbitrairement les coûts liés à l'offre et ceux associés à la demande. Plaçons-nous au moment où l'énoncé codifié E^1 vient d'être produit par A et appelons $I(0)$ les investissements nécessaires à son élaboration. Considérons un acteur quelconque B (ou C) désirant utiliser E^1 et reconstituons les différents investissements qu'il doit alors consentir. Ces investissements se rangent dans quatre catégories :

- 1) Les investissements de *reproduction* de E^1 (appelons E^1_2 l'énoncé ainsi reproduit : E^1_2 est formellement identique à E^1 , mais inscrit dans un support matériel distinct) et de transmission de E^1_2 (cette transmission permettant de mettre B en possession de l'énoncé). Soit $I(1)$ ces investissements. Comparé aux investissements de reproduction de biens comme des Honda Accord, $I(1)$ dans le cas d'un énoncé codifié est considéré à juste titre comme négligeable.
- 2) Les investissements dans les *actifs complémentaires*. En effet pour donner une signification à E^1_2 et être en mesure d'utiliser cet énoncé B doit se doter de compétences incorporées, de savoir-faire, d'instruments, d'autres énoncés sans lesquels E^1_2 demeure dénué de sens. Soit $I(2)$ ces investissements dont l'importance varie selon les domaines (permettant d'opposer par exemple la science lourde et la science légère) mais dont le niveau est toujours élevé.
- 3) Les investissements de *maintenance* des actifs complémentaires sans lesquels ces derniers perdent leur utilité et leur pertinence. Soit $I(3)$ ces investissements. Ils visent par exemple à maintenir les compétences physiques et intellectuelles des chercheurs, ingénieurs et techniciens, l'état de bon fonctionnement et le renouvellement des instruments, des bibliothèques, des bases de données, des réseaux métrologiques. Leur montant, là encore, est variable selon les domaines, mais leur coût ne saurait être considéré comme nul ou négligeable.

Un acteur B ayant consenti les investissements $I1 = I(1) + I(2) + I(3)$ est, à l'instant t , en position de comprendre E^1_2 . Il est le prix à payer pour pouvoir répéter un énoncé déjà produit tout en étant capable de donner à cet énoncé une signification précise. Si B n'allait pas au-delà de ces premiers investissements, il ne serait pas encore en mesure d'engager E^1_2 comme ressource dans un quelconque processus de production.

- 4) Les investissements de *mobilisation* de E^1_2 correspondent aux investissements qui sont requis pour introduire cet énoncé comme un des *inputs* dans un dispositif de production dont les *outputs* pourront être indifféremment d'autres énoncés E^2 (cas de

la recherche scientifique académique), des dispositifs techniques ou des biens finaux. Ces investissements portent sur l'acquisition d'instruments, de machines, de compétences incorporées mais également d'autres énoncés et des investissements complémentaires qu'ils requièrent. B construit une configuration nouvelle sans laquelle rien de différent de ce qui existe déjà ne saurait être produit. Soit $I(4)$ ces investissements. Ils peuvent être considérables et d'un ordre de grandeur très supérieur à $I(2)$ et $I(3)$, qui sont déjà très élevés. Cette amplification est bien décrite par la formule suivante : un investissement en recherche fondamentale de 1, doit être suivi d'un investissement en recherche appliquée de 10 et d'un investissement en développement de 100. $I(4)$ justifie que l'on dise qu'il n'y a pas d'application de connaissances sans transformation de ces connaissances. Sans $I(4)$, mais avec I_1 , B peut répéter E^1_2 *ad nauseam*, en comprendre et en vérifier la signification, mais il est condamné au psittacisme. E^1_2 n'a aucune valeur d'usage sans $I(4)$.

De ce qui précède, il ressort que pour devenir un bien économique susceptible d'être engagé dans une activité de consommation ou de production, un énoncé doit être accompagné d'une série d'investissements sans lesquels il demeure privé de valeur d'usage. Si l'on abandonne la distinction rigide entre coûts associés à l'offre et coûts associés à la demande – distinction dépourvue de sens dans le cas d'un processus continu ou l'usager, comme dans tout service, participe la coproduction du bien qu'il « consomme » –, la mesure des coûts globaux de transformation d'un énoncé en bien économique; à part entière. La classification des biens économiques doit être conduite sur la base de l'analyse comparative des coûts globaux au lieu d'être limitée aux seules opérations de reproduction. Dans le cas de l'énoncé $I(1)$ est faible tandis que $I(2)$, $I(3)$ et tout particulièrement $I(4)$ sont élevés. Pour la Honda Accord, le profil des coûts est très sensiblement différent : $I(1)$ est élevé, $I(2)$ et $I(3)$ ont une valeur moyenne, tandis que $I(4)$ peut être considéré comme négligeable. La structure des coûts globaux de transformation d'une cigarette en valeur d'usage est différente de celle des coûts associés à la Honda Accord : $I(1)$ est élevé, $I(2)$ et $I(3)$ sont faibles et $I(4)$ est nul. Ces diagrammes montrent l'erreur que l'on commet lorsqu'on se concentre sur un élément particulier de la structure des coûts au lieu de les considérer dans leur ensemble : pour certains biens, la reproduction est cruciale, car c'est d'elle que dépend leur qualification économique, tandis que pour d'autres elle est sans importance. Considérer que la copie d'un énoncé suffit à lui donner une valeur d'usage reviendrait à soutenir que la photographie d'une cigarette procure les mêmes satisfactions que la cigarette elle-même !

Dire d'un énoncé E qu'il constitue un bien intrinsèquement non rival n'est envisageable qu'à partir du moment où on réduit la chaîne des coûts intégrés aux seuls investissements nécessaires à la (photo)copie de l'énoncé. La propriété de non-rivalité, qui ne vaut que pour le petit nombre de ceux qui ont accepté de supporter $I(1) + I(3) + I(4)$ (et qui constitue dans le cas de la science ou de la technique la communauté des spécialistes), résulte d'une série de décisions stratégiques prises précisément par ces acteurs : elle ne constitue en aucune façon une propriété *intrinsèque* de ces énoncés mais ce qu'il est préférable d'appeler une propriété *extrinsèque*.

Les autres points sont maintenant plus faciles à traiter

Les connaissances scientifiques, de par leur nature, sont-elles inappropriables, possèdent-elles l'attribut de non-exclusivisme ? Les économistes eux-mêmes, on l'a vu, apportent une réponse nuancée à cette question. L'exclusivisme ou la non appropriabilité dépendent selon eux de la forme de la connaissance. Une compétence incorporée est aisément appropriable ; alors qu'une information codifiée l'est difficilement : tout dépend des investissements que l'on est prêt à consentir pour la rendre inaccessible. L'argument du coût de la protection disparaît dès lors que l'on reconnaît l'inutilité intrinsèque des énoncés. Ceux-ci ne peuvent intéresser qu'un cercle restreint d'utilisateurs potentiels : les quelques scientifiques dotés des savoir-faire nécessaires et ayant accès aux instruments requis.

De plus les scientifiques du monde entier savent d'expérience que la difficulté n'est pas d'empêcher leurs collègues de lire ce qu'ils écrivent mais de les convaincre de jeter un coup d'œil sur leurs articles ! En réalité par rapport à d'autres biens ce qui frappe dans le cas des connaissances scientifiques, c'est la facilité de leur appropriation et l'importance des efforts qu'il faut consentir pour créer une situation dans laquelle d'autres acteurs s'intéressent à elles.

Quant à la durabilité, elle ne résiste pas non plus à l'analyse. Oui, les connaissances sont durables mais seulement au prix de lourds investissements nécessaires à leur maintenance. Pour que la loi $F = ma$ soit disponible à Singapour en 1993, combien de manuels auront dû être publiés et diffusés, combien de professeurs auront dû convaincre de cervelles récalcitrantes, combien d'institutions de recherche, d'entreprises, auront dû être développées, combien de chercheurs aurait-il fallu former et payer ? A côté du coût d'entretien d'une loi dite universelle, comme la première loi de Newton, les frais de maintenance de l'armée américaine au Koweït représentent une peccadille.

Le caractère incertain de la production des connaissances conduit-il à un sous-investissement décourageant les agents qui ont une aversion pour le risque ? Cet argument ne tient pas. Toutes les études d'innovation dans les entreprises montrent l'étendue des incertitudes qui les entourent. Contrairement à ce que l'on croit couramment, les incertitudes sur l'état du marché sont infiniment plus grandes que les incertitudes sur la technique. Et pourtant les firmes continuent à investir. A côté des incertitudes sur le marché, les incertitudes sur les sciences sont d'aimables plaisanteries qui de plus ne coûtent pas cher.

En mobilisant deux résultats élémentaires de la sociologie et de l'anthropologie des sciences – celui de la multiplicité des supports de la connaissance et celui de leur nécessaire complémentarité –, je suis parvenu à mener à terme le travail entrepris par les économistes eux-mêmes, mais qu'ils n'ont pas osé parachever dans leur souci de défendre l'indépendance de la science. Les connaissances scientifiques ne constituent pas un bien public au sens de la théorie économique. Il n'existe aucune différence – du point de vue de leur aptitude à devenir des marchandises – entre une Honda Accord et la théorie de la relativité générale. Ou pour le dire autrement : sans les institutions créées et renforcées au fil des siècles, sans l'intense énergie dépensée par les scientifiques et les gouvernements, pour rendre publiques les connaissances scientifiques, celles-ci n'auraient jamais cessé d'être ce qu'elles sont : des biens privés.

La science privée : irréversibilité et convergence

Pourquoi, dans ces conditions, s'obstiner à dépenser beaucoup d'argent pour maintenir public un bien qui ne demande qu'à être absorbé par la logique du marché ? Le coût de la divulgation, de la circulation, le coût des investissements en formation pour rendre les connaissances mobilisables sont immenses. Ne faut-il pas laisser le marché jouer et allouer les ressources de manière décentralisée ?

Pour apprécier les conséquences d'une telle décision, laissez moi tenter une expérience de pensée chère aux physiciens. Imaginons une privatisation complète de la science, dont la production serait exclusivement assurée par des organisations orientées vers le profit. Pour rendre la science complètement privée, certains investissements seraient bien entendu nécessaires. Il conviendrait notamment de mettre en place une réglementation vigoureuse – *incitant* les agents économiques à produire des connaissances incorporées plutôt que codifiées, *protégeant* tous les énoncés qui n'ont pu être incorporés sans pour autant rendre obligatoire leur divulgation, et *rendant difficile* la transmission des savoirs incorporés. Si ces conditions étaient réunies, alors les firmes seraient fortement incitées à investir dans la recherche.

Les travaux réalisés par les économistes du changement technique au cours de ces dernières années permettent d'anticiper les conséquences d'une telle situation. En effet, dans leur analyse du changement technique, ils ont mis en évidence deux phénomènes essentiels : le premier est celui des rendements croissants (*increasing returns*) et le second est celui des coopérations.

La notion de rendement croissant est très facile à comprendre. Elle peut se résumer en une phrase : plus une technologie est produite et offerte sur un marché et plus il devient intéressant pour l'offreur de la produire et pour l'utilisateur de la consommer. L'apparition de rendements croissants est liée à deux phénomènes essentiels. Le premier concerne l'offre et résulte de ce que les économistes appellent « *learning* » – apprentissage –, qui prend différentes formes : *learning by doing* – apprentissage par la pratique –, *learning by using* – apprentissage par l'usage –, ou *learning by interacting* – par les interactions. C'est en mobilisant les connaissances sous toutes leurs formes (énoncé, machine, savoir-faire) que de nouvelles idées apparaissent, que de nouveaux énoncés sont produits, que les savoir-faire évoluent et que les machines sont transformées. La seconde source de rendement croissant est liée aux complémentarités socio-techniques qui se mettent progressivement en place du côté de la demande. Certaines techniques – de plus en plus nombreuses – donnent lieu à des externalités de réseau, c'est-à-dire que leur valeur pour l'utilisateur augmente en même temps que leur diffusion : il est plus intéressant d'être le dix millionième acheteur d'un fax ou d'un téléphone que le premier. De manière plus générale, lorsqu'une technique se répand, les compétences nécessaires à sa mise en œuvre se banalisent et deviennent aisément disponibles ; de plus, des techniques adjacentes viennent en faciliter et en enrichir l'usage. Imaginez une automobile sans les stations et les réseaux de distribution, sans les pétroliers, sans la politique étrangère des États-Unis, sans la guerre du golfe : elle serait bien vite sans utilité. De même, un ordinateur devient d'autant plus attractif que s'accroît la diversité et la disponibilité des logiciels et des périphériques. La construc-

tion de cet environnement socio-technique prend du temps, mais une fois lancée elle génère également des rendements croissants d'adoption.

La loi des rendements croissants signifie que la conjonction de la technologie et du marché aboutit à créer et à consolider les avantages acquis. Plus les investissements augmentent, plus les marchés se développent et plus des intérêts variés se conjuguent pour suivre la même trajectoire technico-économique. Ceci produit des situations de *lock-in* – de verrouillage –, c'est-à-dire de profondes irréversibilités. Il est de moins en moins rentable, d'un point de vue économique, de revenir à des options qui ont été abandonnées au cours de périodes antérieures. Les techniques sont soumises à une profonde injustice : à celles qui ont prospéré, il sera beaucoup donné ; à celles qui n'ont pas su se développer, tout sera retiré. P. David a forgé la notion de « *QWERTY economics* » pour désigner cette injustice radicale. Le clavier QWERTY peut très bien ne pas vous convenir, vous n'avez plus le choix. Le monde imaginaire dans lequel vous disposeriez d'un autre clavier a tout simplement disparu, de manière aussi irréversible que la culture kanak a disparu après la colonisation de la Nouvelle-Calédonie par les Français. Par la grâce des rendements croissants – cette étrange conspiration des techniques et du marché –, nous vivons dans un monde de produits que d'autres ont choisi à notre place, sans savoir qu'ils effectuaient un choix. C'est ce que les économistes appellent la *path dependency* : les premières décisions, prédéterminent la trajectoire suivie.

L'irréversibilité est associée à un deuxième phénomène : celui des coopérations. Pour l'expliquer deux éléments entrent en ligne de compte. Le premier est tout simplement le partage des coûts et des incertitudes. Comme je l'ai dit, les entreprises savent depuis longtemps gérer les incertitudes, tout simplement en se coordonnant et en coopérant. Dans le domaine de la science et de la technologie, cela se traduit par tout un faisceau de relations entretenues avec les universités : conventions, recrutement d'étudiants, laboratoires communs, mais également par des accords entre firmes (échange de connaissances ou centres de recherche conjoints). Généralement, et notamment lorsqu'il s'agit de coopérations avec les universités, les scientifiques voient reconnu leur droit de publier. Mais ce droit résulte d'une politique d'échange et de mise en commun des connaissances entre des partenaires qui disposent du monopole des investissements nécessaires à l'utilisation de ces connaissances. Cette science qui ressemble à de la science publique n'est qu'un bien privé partagé par plusieurs propriétaires.

La seconde raison qui explique les coopérations est ce que les économistes appellent la complémentarité des actifs. C'est un mot affreux pour désigner un phénomène fondamental. Une ressource scientifique ou technique, en elle-même, n'a aucune utilité. Elle doit être associée à d'autres ressources scientifiques et techniques (comme par exemple dans le cas de la bio-optique) mais également à des unités de production, à un réseau de distribution commercial, à des marchés financiers etc. C'est une véritable machinerie collective qui est requise pour donner aux connaissances une valeur d'usage c'est-à-dire une utilité économique.

La loi d'airain des rendements croissants et la multiplication des coopérations, ajoutées l'une à l'autre, aboutissent à deux conséquences majeures : a) la science et la technique – qu'elles soient codifiées ou incorporées – sont endogénéisées, absorbées dans

le système économique ; b) le système économique lie de plus en plus étroitement un grand nombre d'acteurs diversifiés, incluant notamment les laboratoires universitaires, pour former ce que j'ai appelé « des réseaux technico-économiques flexibles ». Ces réseaux s'établissent et, une fois établis, évoluent de manière relativement autonome, suivant leur propre trajectoire (2).

Ces considérations, rapidement résumées, éclairent l'expérience de pensée que je vous ai proposée. Dans un régime où la science serait rendue privatisable, elle deviendrait captive des réseaux technicoéconomiques que j'ai évoqués. Et l'on assisterait alors à un double mouvement d'irréversibilisation et de convergence. Irréversibilisation car les acteurs économiques, tous ensemble, suivraient la pente naturelle des rendements croissants pour aller plus avant sur les trajectoires ; convergence ou réduction de la variété technologique car ils finiraient par partager les mêmes savoirs, les mêmes technologies de base, les différenciations portant sur des aspects mineurs.

Une telle situation, que je vous proposais de considérer comme imaginaire, n'est en réalité pas très éloignée du tableau que nous avons sous les yeux. Un article récemment publié par R. Nelson en apporte la preuve convaincante. Selon ce spécialiste de l'économie du changement technique, on assiste à une interconnexion de plus en plus forte des réseaux de recherche scientifique qui englobent à la fois les recherches dites « fondamentales » et les recherches technologiques, les financements privés et publics se mélangeant de manière inextricable. Il en résulte selon lui une convergence des systèmes industriels.

Dans une telle configuration, la frontière entre une science qui divulgue ses résultats et une science qui en assure la confidentialité, ne tient pas à la nature des connaissances produites ; elle résulte simplement de décisions stratégiques privées (3). La science dite « publique » n'est alors qu'une annexe de la science privée. De ce point de vue, le soutien des États (4) qui est pour l'essentiel, mais non exclusivement, consacré à la science divulguée peut très bien être interprété comme une contribution publique à la mutualisation de risques privés.

Cette logique de la science privée souligne une forme de défaillance du marché d'un type nouveau, défaillance qui est beaucoup plus grave que toutes les autres. Le marché se transforme en une puissante machine à fabriquer de l'irréversibilité et à restreindre la variété des options technologiques, c'est-à-dire l'espace des choix possibles. Ce n'est pas le marché qui met en péril la science, c'est la science qui paralyse le marché. Trop de marché tue le marché.

Que penser et que faire face à ce diagnostic ?

Trois attitudes sont possibles. La première est de laisser la science redevenir un bien privé et de se réjouir du phénomène d'irréversibilité et de convergence qui accroît l'efficacité des investissements et leur rendement : une telle attitude me semble critiquable car elle fait l'impasse sur la question de la variété. J'ai la faiblesse de considérer qu'un monde dans lequel existe une grande diversité de technologies et de biens accessibles au plus grand nombre est plus enviable qu'un monde dans lequel cette diversité est moins grande.

La seconde est de s'accrocher désespérément à l'ancienne idée de la science comme bien public, mais en acceptant de financer tous les investissements néces-

saires pour qu'elle demeure e/ou redevienne un bien public, c'est-à-dire en rendant son appropriation la plus coûteuse possible. Il est facile de montrer que dans ce cas le ressort de la compétition est cassé, puisqu'aucun monopole même temporaire n'est envisageable. Pas assez de marché tue le marché.

Quant aux situations de compromis défendues par certains : une coexistence pacifique entre science publique et science privée, elles conduisent à la divergence car la coordination entre les deux n'est pas assurée et si elle l'était on retomberait dans le cas de figure de la science privée !

La troisième position est celle que je choisirai : appuyée sur l'anthropologie et la sociologie des sciences, elle donne une définition de la science qui la fait en partie échapper au statut de marchandise et permet de renouveler la définition du bien public en le considérant comme source de variété et de flexibilité.

La science comme source de variété et de flexibilité

Dans ma discussion de la science comme bien public, j'ai considéré comme allant de soi la possible réduction des connaissances scientifiques à des informations codifiées ou incorporées. Une telle hypothèse – la réduction de la science à de l'information – nous a conduit dans une impasse. Elle ne laisse le choix qu'entre deux possibilités également problématiques. Ou bien vous renforcez à grand coût les institutions qui rendent la science non rivale, non appropriable et, dans ce cas, l'économie s'immobilise privée de tout ressort : les firmes se désengagent du progrès technique. Ou bien, à l'inverse, vous laissez la science devenir privée, mais dans ce cas vous condamnez l'économie à faire des choix irréversibles et à moins de variété technologique. Pour sortir de cette impasse, il faut abandonner la notion d'information et la remplacer par celle de réseau. En effet, le principal résultat de l'activité scientifique n'est pas de produire de l'information ; c'est de reconfigurer des réseaux hétérogènes ou si l'on préfère des collectifs hybrides (5). De ce point de vue, l'analyse sociologique et l'analyse économique sont complémentaires. L'économie du changement technique a puissamment contribué à comprendre comment le marché allié à la technique produisait des irréversibilités et réduisait la variété. Quant à l'anthropologie des sciences, elle nous permet de comprendre la production de la variété ainsi que la progressive irréversibilisation des choix. En liant les deux approches, il est possible d'envisager une dynamique d'ensemble dans laquelle les irréversibilités produites par le marché sont constamment contrebalancées par la science. La science considérée comme de l'information soit s'oppose au marché soit est absorbée par lui. La science considérée comme un réseau, et comme une source de variété, lutte contre les rigidités fabriquées par les marchés établis, et, dans cette lutte, finit parfois par créer des marchés, radicalement nouveaux.

Réseaux et réseaux

Les réseaux dont je vais parler ne doivent être confondus ni avec les réseaux techniques des ingénieurs (par exemple les *electronic superhighways* que veut développer Mr Clinton) ni avec les réseaux sociaux (de parenté, d'amitié, de confiance ou de réputation) des spécialistes des sciences sociales, ni non plus avec les réseaux d'énoncés

ou de textes qu'adorent les philosophes ou les spécialistes de l'analyse des discours. Mes réseaux, si je puis dire, sont des hybrides, mélangeant tout à la fois des techniques, des acteurs humains et des énoncés.

Si, par exemple, je voulais parler du réseau de la physique einsteinienne – à supposer qu'il présente une quelconque unité – j'inclurais les articles, les livres, les manuels qui présentent et mettent en circulation les énoncés et les équations qui s'y rapportent, mais également les équipements ou les machines dans lesquels elle est inscrite, ainsi que les compétences incorporées dans des êtres humains (physiciens ou lycéens qui se battent avec les transformées de Lorentz). Ce réseau est aujourd'hui tentaculaire, certes fragile, mais étendu. Il se mélange ici et là à d'autres réseaux, comme celui de la physique newtonienne. Il partage avec elle les mêmes corps humains : n'importe quel physicien, n'importe quel lycéen est désormais capable de passer instantanément de l'une à l'autre ; les deux réseaux colonisent des chapitres différents des mêmes manuels ; ils se combinent dans nos lecteurs de disques compacts ou dans les accélérateurs du Cern. De tels réseaux hétérogènes se retrouvent dans n'importe quelle discipline scientifique, dans n'importe quel domaine technologique. Un exemple frappant est donné par Robert Friedman lorsqu'il décrit le réseau de la météorologie : on y trouve l'aviation militaire et civile, le département ministériel des pêches et celui de l'agriculture, des avions qui collectent des données, des normes et des calibrages qui assurent la coordination des mesures et des calculs, des modèles qui établissent des prévisions.

Dynamique

La question qui se pose alors est la suivante : comment ces réseaux hétérogènes émergent-ils et s'étendent-ils ? La réponse n'est pas originale. Je me contente de rassembler ce que tout sociologue ou tout anthropologue des sciences a appris au cours de ces dernières années. Elle tient en deux notions, celle de reconfigurations restreintes et celle de reconfigurations élargies.

Commençons par le processus de reconfiguration restreinte et abandonnons aussitôt la notion de laboratoire. La reconfiguration des réseaux, c'est-à-dire la production de nouveaux énoncés, la mise au point de nouveaux instruments ou l'élaboration de nouveaux savoir-faire et techniques s'opèrent au sein de collectifs qui sont soit plus larges, soit moins larges, qu'un laboratoire, mais qui se confondent rarement avec lui.

Les descriptions de ces collectifs commencent à être suffisamment nombreuses et diversifiées pour en dégager quelques enseignements de portée plus générale.

La diversité des éléments qu'ils rassemblent est une de leurs caractéristiques les plus frappantes. Ils constituent des machineries complexes. On y trouve des articles écrits ou en cours d'écriture, des techniciens, des chercheurs, des gestionnaires, des machines et des instruments, des échantillons, des listes de chiffres, des fantômes qui remplacent les organes qu'on ne saurait mettre en circulation. Les panathénées avec leurs longues processions de citoyens, de métèques, d'éphèbes, de chevaliers, de chars et d'animaux constituaient une foule moins bigarrée que celle que l'on croise dans ces collectifs.

Deuxièmement, chacun des éléments rassemblés dans le collectif joue un rôle actif ; il interagit avec les autres. Le chromatographe produit des diagrammes dont se saisit le technicien qui sélectionne ceux qui lui semblent les plus fiables ; puis il les transmet au chercheur qui, après avoir jeté un coup d'œil sur quelques articles qui viennent de paraître, s'engage dans un calcul dont il intègre les résultats dans un brouillon *do not quote or circulate* – qu'il passe à un collègue ; ce dernier n'est pas vraiment convaincu, il propose des amendements mais ses convictions sont ébranlées, etc. La nature de ces interactions, les séquences d'entrée en scène des différents éléments sont aussi variées que le sont ces collectifs restreints. Ici la machine est l'acteur principal, et des traces qu'elle livre dépend tout le reste ; là ce sont les chercheurs et les rats qu'ils sacrifient qui sont les agents principaux ; ailleurs ce sont les fantômes qui circulent d'un laboratoire à un autre unifiant les pratiques et les diagnostics ; ailleurs encore ce sont les équations qui prolifèrent et engagent les mathématiciens sur des chemins nouveaux.

Toutes ces interactions modifient, transforment les entités engagées, en font surgir de nouvelles sous la forme d'énoncés, d'instruments, de compétences, de croyances, de substances : c'est pourquoi il est approprié de parler, comme Karin Knorr le propose, de travail de reconfiguration (6).

Changez la composition d'un collectif restreint et vous changez le contenu des connaissances qu'il produit. Par exemple Peter Galison a montré que dans les années 1930 certains des concepts de base de la physique des particules avaient été profondément transformés par l'utilisation de nouveaux compteurs. Comme Simon Schaffer et Freeman Dyson l'ont mis en évidence, lorsque de nouveaux instruments sont mis au point alors le comportement des étoiles et des galaxies peut être complètement bouleversé. Et ce principe ne s'applique pas qu'aux instruments.

Introduisez de nouveaux textes dans le collectif, de nouvelles compétences incorporées et la reconfiguration va s'engager dans de nouvelles directions.

Plus ces collectifs hétérogènes sont nombreux et différents et plus les reconfigurations produites sont elles-mêmes variées. La source de la variété se trouve dans la multiplicité et la diversité de ces cultures locales. Il faudrait consentir encore beaucoup d'efforts pour mieux connaître ces cultures, qui sont faites de bric et de broc, qui sont des assemblages d'éléments locaux (tel savoir-faire unique, tel instrument qui n'existe qu'à un seul exemplaire) et d'éléments cosmopolites (telle théorie largement répandue, tel microscope disponible à des milliers d'exemplaires). Ces collectifs, qui produisent les connaissances scientifiques, ressemblent aux collages qu'évoque Clifford Geertz pour décrire la diversité et la complexité des cadres de vie que cachent les sociétés dites modernes. Il se pourrait que certaines de ces cultures locales, dont nous ignorons tout, soient en voie d'extinction, sans que nous le sachions, tout comme certaines des espèces de la forêt amazonienne.

Je pourrais en rester là. Mais si je veux comprendre comment les irréversibilités créées par le marché, peuvent être menacées par cette production de diversité, il me faut expliquer comment ces collectifs restreints parviennent à s'arracher aux irréversibilités déjà produites et à imposer en dehors d'eux la variété qu'ils ont créée. En un mot, je voudrais comprendre comment ces reconfigurations, qui sont d'abord locales,

restreintes, finissent parfois par reconfigurer de longs réseaux. L'anthropologie des sciences, là encore, apporte des éléments de réponse à cette question capitale. Cela tient en un mot, celui d'intermédiaire.

Chaque élément rassemblé dans un collectif restreint renvoie à d'autres éléments qu'il représente et qui sont donc présents, à travers lui, dans le collectif. La polysémie de la notion de représentation doit être entretenue avec amour. Le microscope électronique ponctualise, rend présent dans le collectif restreint, tout un réseau d'autres microscopes, d'experts, de routines d'observation, de règles – plus ou moins stabilisées – d'interprétations des clichés. Le biologiste représente lui aussi tout un réseau de collègues qui ont lu les mêmes articles, suivi les mêmes enseignements, participé aux mêmes colloques. Et il en va de même pour les énoncés qui renvoient à d'autres énoncés, mais également à tous les autres collectifs qui les utilisent et à tous les instruments et savoir-faire auxquels ils sont associés ; les contrats de recherche, dont certaines clauses sont incontournables, rendent présentes les agences publiques et leur volonté ; les conventions passées avec des entreprises introduisent celles-ci dans le collectif. Le collectif semble confiné dans ces frontières. En réalité, chacun des éléments qui le constitue représente des réseaux qui se trouvent ainsi rassemblés, confrontés les uns aux autres, interagissant par représentants interposés. Vous comprenez maintenant pourquoi je choisis la notion d'intermédiaire pour désigner ces entités qui constituent le collectif. Que l'on parle comme L. Star d'objets frontières ou comme N. Wise de médiateurs, on désigne dans tous les cas cette double existence des intermédiaires : à la fois instruments, énoncés, corps qui sont là, visibles, tangibles, pesants et réseaux extérieurs qu'ils représentent et ponctualisent. Ces collectifs restreints sont comme les monades de Leibnitz : ils sont un microcosme mais qui contient tout un monde qui se trouve en quelque sorte replié en eux. C'est parce que nous – sociologues et anthropologues – avons su défaire un à un tous ces plis que nous sommes parvenus à voir les réseaux qui se trouvent rassemblés dans ces collectifs restreints.

La variété des connaissances produites va dépendre de la variété de ces collectifs. Et l'on peut donner maintenant une signification plus précise à cette notion en opposant deux situations extrêmes. Dans la première, les longs réseaux présents dans les collectifs, par intermédiaires interposés, sont déjà largement connectés et liés les uns aux autres. Le collectif se livre à un travail de reconfiguration léger, qui ne bouleversera pas les connexions existantes : il reticote quelques mailles, mais la fabrique n'est pas profondément altérée. Les états du monde existants sont consolidés. Dans la seconde situation, les réseaux présents par intermédiaires interposés ne sont pas encore fortement connectés ; ils sont séparés. Dans ce cas, le collectif est en position de proposer des reconfigurations très originales et novatrices en rabotant des réseaux jusque-là disjoints ; il fait proliférer de nouveaux états du monde.

A la première éventualité correspond un travail routinier, de consolidation, d'amélioration continue et obstinée : les connexions se diversifient, l'irréversibilité augmente, les rendements croissent. A la seconde éventualité correspond ce que l'on a coutume d'appeler invention et qui n'est que l'association inédite de plusieurs réseaux préexistants, mais jusque-là étrangers. Dans ce travail de couture, de nouveaux énoncés sont proposés, de nouvelles compétences sont développées, de nouveaux instruments

sont mis au point. Entre chacun d'entre eux s'établissent des ponts, des liens sont tissés. Une telle reconfiguration est d'autant plus improbable – et lorsqu'elle se produit d'autant plus radicale – que les réseaux de départ étaient éloignés et sans rapport les uns avec les autres.

Dans l'un et l'autre cas, le travail de construction d'un espace de circulation des nouveaux intermédiaires produits va être très différent. Dans la première situation les nouveaux énoncés, savoir-faire rencontrent des réseaux préparés à les accueillir : la diffusion est rapide. Dans la deuxième situation, ce sont de nouveaux espaces de circulation qui doivent être entièrement configurés. Il faut convaincre, traduire des intérêts parfois contradictoires, créer des technologies compatibles, établir des infrastructures, étendre les chaînes métrologiques, former des spécialistes et être parfois amené, de fil en aiguille, à reconfigurer la société dans son entier. Le coût pour constituer et étendre ces collectifs est souvent très élevé.

Vers une économie politique des réseaux de production et de mobilisation de la science

Nous en savons assez pour reformuler la question initiale dans des termes nouveaux.

La thèse que je voudrais défendre est la suivante. L'entreprise scientifique doit être organisée de telle sorte qu'elle permette au plus grand nombre de reconfigurations possibles de se développer et de telle sorte qu'elle assure à chacune d'entre elles les mêmes chances d'extension. Le marché ne peut faire cela car il fonctionne essentiellement suivant une logique des rendements croissants. Les agents économiques sont pris dans un réseau stratégique qui les pousse à continuer à faire ce qu'ils savent faire ou à vouloir ce que les autres ont voulu.

J'appelle *bien public* la science qui fait proliférer les entités et reconfigure les états du monde qui, un jour, peut-être, transformés et repris par le marché, seront ceux dans lesquels nous vivrons (7). La science privée est celle qui durcit ces mondes et les rend habitables. C'est pourquoi la science publique, telle que je la définis, et la science privée sont complémentaires. Cette définition est évidemment indépendante de l'identité des acteurs impliqués. Une entreprise qui finance la diversité en soutenant des collectifs inédits produit un bien public. Mais l'agence publique qui contribue à lier encore plus fortement la recherche qu'elle finance au perfectionnement de missiles de croisière, qui un jour peut-être retomberont sur nos têtes, soutient une science qu'on peut qualifier sans hésiter de privée.

Le renversement que je propose nous amène à choisir comme point de départ la dynamique des collectifs hybrides et non la notion d'information. D'un point de vue économique, ce qui compte alors c'est le coût de constitution de ces collectifs et de leur mise en réseau. Trois principes peuvent être invoqués :

- 1) Le premier principe est le principe de *libre association*. Le savoir produit, les énoncés élaborés dépendent du rassemblement d'intermédiaires qu'organise un collectif restreint. Changez la composition du collectif, et vous obtiendrez d'autres énoncés ni plus ni moins robustes, mais différents. *A priori* aucun collectif ne doit faire l'objet d'ostracisme, quelle que soit l'association d'intermédiaires qu'il propose. Le plus évident est bien entendu d'inclure des représentants de groupes sociaux consti-

tués mais exclus: introduisez dans la recherche médicale le point de vue des femmes et vous verrez peut-être proliférer de nouveaux énoncés, de nouvelles techniques et de nouvelles compétences. Les représentations du corps et de la nature de certaines maladies se transformeront.

Cette équité vis-à-vis de tous les intermédiaires doit aller plus loin. Elle doit être étendue aux instruments, aux machines, aux compétences incorporées. Le principe de libre association est aussi un principe de libre circulation, non pas des marchandises mais des intermédiaires. Comme vous voyez il ne s'agit pas de restreindre le libéralisme mais de l'étendre.

- 2) Le deuxième principe est celui de la *libre extension*. Un collectif restreint – une fois qu'il existe et qu'il s'attache à son travail de reconfiguration – doit avoir les moyens de construire l'espace de circulation des intermédiaires, c'est-à-dire des énoncés, des savoir-faire et des instruments qu'il produit. Ceci est coûteux. Les transactions et les négociations permettant d'intéresser, d'adapter les productions aux attentes, de convaincre, de déplacer et de dupliquer représentent des investissements considérables. Mais ce sont ces investissements qui assurent le passage du local au global et qui reconfigurent les réseaux rassemblés au sein des collectifs restreints. Ce principe correspond au droit à la production progressive d'irréversibilités à travers la multiplication des connexions et des alliances ainsi qu'à travers l'accumulation de l'expérience.
- 3) Le troisième principe est celui de la *lutte contre l'irréversibilité et la convergence*. Une fois les réseaux établis, ils tendent à se perpétuer à s'étendre, à devenir de plus en plus envahissants tout en se rigidifiant. La science devient privée et agit comme réducteur de variété. On peut contrecarrer cette évolution par différents moyens. Tout d'abord en faisant preuve d'une injustice raisonnée vis-à-vis des réseaux irréversibilisés. Ils ne doivent bénéficier d'aucun soutien. Au contraire, certaines contraintes doivent leur être imposées comme par exemple :
 - l'obligation de divulgation des informations produites ;
 - la limitation de la durée de vie des protections (attribuées en contrepartie de l'obligation de divulgation) ;
 - ou encore l'exigence de rendre compatibles les biens offerts aux consommateurs.

Mais la stratégie la plus efficace pour lutter contre les irréversibilités et la convergence est de soutenir les collectifs émergents et d'accompagner leur prolifération.

L'application de ces trois principes devrait permettre de renouveler considérablement les politiques publiques en direction de la science et de l'innovation. Je voudrais simplement évoquer quelques-unes des conséquences les plus importantes.

- 1) Le premier principe – celui de libre association – conduit à privilégier le soutien à l'originalité, qui n'est que l'autre nom – légèrement galvaudé – donné à la diversité. Il rend suspect l'accent mis sur le financement de la recherche stratégique. La recherche stratégique est évidemment du côté de la science privée et non du côté de la science publique.

Le soutien apporté à la diversité ne peut s'opérer qu'à l'échelon international car il est très coûteux. Mais cet élargissement du cadre des interventions n'a de sens que s'il ne décourage pas les initiatives locales. La tension entre ces deux exigences

n'est pas facile à gérer : élargir le cadre, internationaliser les politiques mais pour donner plus de chance à des projets spécifiques, d'abord peu visibles, inhabituels, hétérodoxes, marqués au coin des particularismes. Quelle bureaucratie sera capable d'une telle attention aux détails, à l'inattendu, au local ?

Comme on le voit, et contrairement à la tendance que suivent actuellement de nombreux gouvernements, le problème n'est pas d'être plus sélectif mais de l'être moins, de décentraliser les procédures de sélection pour favoriser les reconfigurations.

- 2) Comment suivre le second principe, c'est-à-dire comment favoriser l'extension des réseaux émergents ? D'abord et essentiellement en reconnaissant que la science n'est pas réductible à de l'information codifiée, c'est-à-dire aux seuls théories ou énoncés. Ceci implique que la science publique soit étroitement liée à la formation et qu'elle facilite la reproduction des instruments qu'elle contribue à mettre au point. Ceci implique aussi que d'immenses efforts soient consentis pour faciliter la circulation des savoir-faire, des instruments, des chercheurs et des étudiants avancés, bref, de tout ce qui sort des laboratoires sous une forme autre que la forme écrite. Cette extension sera d'autant plus aisée que les entreprises seront dotées de structures pour accueillir tous ces intermédiaires, c'est-à-dire qu'elles auront établi des centres de recherche, des laboratoires ou des cellules de développement capables d'absorber et de faire fructifier ces compétences incorporées, ces équipements. Voilà un autre point d'application des politiques publiques.
- 3) Pour mettre en pratique le troisième principe – celui qui prescrit de ne se laisser aller à aucune faiblesse vis-à-vis de la science privée – c'est-à-dire vis-à-vis des réseaux irréversibilisés, les pouvoirs publics – pour autant qu'ils agissent au nom de la science publique et non comme acteur privé – ont à faire preuve d'intransigeance pour ne pas céder aux groupes de pression. Mais de manière plus positive, ils ont à imaginer tout un ensemble d'incitations contraignant les chercheurs et les industriels à la divulgation la plus précoce possible en échange d'une protection sévèrement limitée à la fois sur les contenus et dans le temps. Des questions aussi douloureuses que celles-ci « faut-il des brevets, larges ou stricts, protégeant les idées plutôt que les produits ? faut-il récompenser les collectifs ou les individus ? » ne pourront plus être évitées.

Un intense effort sera nécessaire pour imaginer et mettre en œuvre les procédures et les outils nécessaires à l'application de ces principes : comment apprécier l'originalité d'un nouveau collectif ? Comment mesurer son extension ? Comment apprécier son degré d'irréversibilisation ? Les évolutions récentes des politiques de soutien de la recherche et de l'innovation, notamment en Europe, peuvent s'interpréter comme autant de tentatives, souvent implicites, pour apporter des réponses à ces questions. Il en est de même de l'accent mis sur l'évaluation et sur ses outils, par exemple scientométriques, destinés à tracer la cartographie des réseaux.

Je voudrais terminer et laisser à la discussion les questions que je viens d'évoquer. Mais, avant d'en finir, j'aimerais revenir au message que j'ai essayé de vous faire partager.

La sociologie et l'anthropologie ont mis en évidence la part d'irréductible contingence qui se trouve au cœur des sciences : les règles, les pratiques, les formes de culture, le rapport aux choses, tout cela varie d'un collectif à l'autre. Elles ont montré que la science qu'on accuse habituellement de produire de l'uniformité et de détruire la richesse des cultures traditionnelles, est un bien public, qui doit être absolument préservé, car elle est source de variété. Elle fait proliférer les états du monde et cette diversité dépend de la diversité des intérêts et des projets qui sont pris dans les collectifs qui reconfigurent *et* la société *et* la nature.

Sans la science publique, sans cette source de diversité, le marché – avec sa propension naturelle à transformer la connaissance scientifique en marchandise – sera condamné à encore plus de convergence et d'irréversibilité ; il se niera lui-même. Comme le cycle de Carnot, la machine économique – pour fonctionner – a besoin d'une source froide – le marché – et d'une source chaude – la science publique.



NOTES

- 1) Les trois P's : *property rights, procurements, patronage*.
- 2) Il est intéressant de noter que les économistes néo-classiques aboutissent à des conclusions quasiment identiques. En situation d'information imparfaite, d'apprentissage, d'externalités de réseau, et de protection totale des innovations, on peut montrer que les entreprises en compétition sur un même marché tendent à minimiser la diversité des projets de R&D et à poursuivre sur leur trajectoire pour valoriser leur capital technique.
- 3) Davis & Dasgupta reconnaissent eux-mêmes qu'il n'existe pas de différence épistémologique entre la science publique et la science privée (qu'ils conviennent d'appeler technologie). La première se distingue de la seconde par l'existence d'incitations à la divulgation, qui retentit sur la nature des supports dans lesquels elle s'inscrit. Etant donné l'analyse que ces auteurs font de la science, ils ne peuvent voir que la seule divulgation ne suffit pas à assurer le caractère de bien public.
- 4) Certains aux États-Unis opposent la politique du gouvernement américain à celle du gouvernement japonais. Le premier intervient de plus en plus en aval au moment où le second remonte vers l'amont. En fait, dans les deux cas, les gouvernements jouent la carte de la science privée. Les États-Unis en privatisant une forte science publique, les Japonais en ouvrant les espaces de coopération en amont.
- 5) J'emprunte cette notion à Karin Knorr.
- 6) Cette possibilité d'interaction tient au fait qu'il n'existe en réalité aucune barrière infranchissable entre un énoncé, une machine ou un corps discipliné. Les substitutions et réinscriptions sont toujours possibles, au moins dans une certaine mesure : un énoncé poursuit silencieusement son existence dans une machine, un savoir-faire incorporé prend la forme d'un énoncé. Tous ces éléments se soutiennent mutuellement, se font référence.
- 7) Je pourrais montrer comment cette définition du bien public est cohérente avec les exemples habituels de biens publics donnés par les économistes (défense, police). Ces biens ne sont pas des biens, mais conduisent à la production de biens, ce qui est différent. De la même manière que la production de la variété des états du monde conduit à la production de biens mais n'est pas un bien économique en elle-même.



**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^e SIÈCLE**

**SÉRIE SOUS LA DIRECTION
DE ROLAND WAAST**



VOLUME 6

**LES SCIENCES AU SUD
ÉTAT DES LIEUX**

ROLAND WAAST
ÉDITEUR SCIENTIFIQUE

CRISTOM
éditions

**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^e SIÈCLE**

20TH CENTURY SCIENCES:
BEYOND THE METROPOLIS

**SÉRIE SOUS LA DIRECTION
DE ROLAND WAAST**

VOLUME 6

**LES SCIENCES AU SUD
ÉTAT DES LIEUX**

SCIENCES IN THE SOUTH
CURRENT ISSUES

**ROLAND WAAST
ÉDITEUR SCIENTIFIQUE**

ORSTOM Éditions

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
PARIS 1996