

PATRICE FLICHY

L'INNOVATION TECHNIQUE

RÉCENTS DÉVELOPPEMENTS
EN SCIENCES SOCIALES

VERS UNE NOUVELLE THÉORIE DE L'INNOVATION



SCIENCES ET SOCIÉTÉ
ÉDITIONS LA DÉCOUVERTE

Patrice Flichy

L'innovation technique

**Récents développements en
sciences sociales. Vers une nouvelle
théorie de l'innovation**



Copyright

© Éditions La Découverte, Paris, 1995, 2003.

ISBN papier : 9782707140005

ISBN numérique : 9782707195524

En couverture : photographie de Patrick Lescure.

Ce livre a été converti en ebook le 05/01/2017 par Cairn à partir de l'édition papier du même ouvrage.

Ouvrage numérisé avec le soutien du Centre national du livre.

<http://www.editionsladecouverte.fr>

Cette œuvre est protégée par le droit d'auteur et strictement réservée à l'usage privé du client. Toute reproduction ou diffusion au profit de tiers, à titre gratuit ou onéreux, de tout ou partie de cette œuvre est strictement interdite et constitue une contrefaçon prévue par les articles L 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. L'éditeur se réserve le droit de poursuivre toute atteinte à ses droits de propriété intellectuelle devant les juridictions civiles ou pénales.

Avec le soutien du



www.centrenationaldulivre.fr

Présentation

Comment naît l'innovation technique ? N'est-elle qu'un génial Eurêka auquel on associe un processus de diffusion ? N'est-elle pas au contraire un processus complexe de confrontation, de négociation qui associe de nombreux acteurs techniques mais aussi les usagers ? Comment se réadapte un projet technique en fonction des multiples variations de l'environnement ? Telles sont quelques-unes des questions auxquelles entend répondre ce livre. Pour ce faire, l'auteur présente d'abord un panorama critique — clair et synthétique — des différentes théories de l'innovation proposées par les différentes sciences sociales (sociologie, histoire, économie, anthropologie). Il montre que traditionnellement, nombre d'entre elles ont reposé sur une coupure radicale entre la technique et la société. Patrice Flichy propose au contraire une nouvelle approche, unifiée, de l'action socio-technique des différents acteurs de l'innovation, notamment des concepteurs et des usagers. Il étudie la succession des événements techniques, l'irréversibilité des choix effectués mais également l'évolution des représentations, des utopies techniques et sociales. Ouvrage de réflexion, *L'Innovation technique* s'adresse autant aux spécialistes qui y trouveront de nouvelles perspectives d'études de cette question qu'aux non-initiés — en particulier les étudiants en gestion — qui pourront ainsi accéder à une excellente synthèse critique des recherches en sciences sociales sur la technique.

L'auteur

Patrice Flichy

Patrice Flichy est professeur de sociologie à l'université de Marne-la-Vallée et directeur de la revue *Réseaux*. Il est notamment l'auteur de *Une histoire de la communication moderne* (La Découverte/Poche, 1997) et de *L'Imaginaire d'Internet* (La Découverte, 2001).

Table des matières

Avant-propos

I. Les théories standards

1. De la technique ignorée au tout-technique

Le résidu de l'analyse économique

Les économistes et la diffusion de l'innovation

Les sociologues et la diffusion de l'innovation

Le monde clos de l'histoire technique des techniques

Le tout-technique

2. Déterminisme technique/déterminisme social

L'origine de l'innovation chez les économistes : pression de l'offre ou induction par la demande

La question du déterminisme en histoire

La problématique des effets en sociologie et en histoire de la communication

La question du déterminisme en sociologie du travail

II. Une approche socio-technique

3. L'anthropologie de la technique. Penser ensemble le technique et le social

La technologie culturelle

La technique comme artefact social

La technoscience et ses réseaux

4. Action socio-technique et cadre de référence

Les formes de l'action scientifique et technique

De la négociation entre les mondes sociaux à l'objet frontière

Le cadre de référence socio-technique

Action socio-technique et innovation

L'action socio-technique ordinaire

III. Une histoire socio-technique

5. Le temps de la technique

Temps et choix technologique

L'évolutionnisme

Rupture et changement de paradigme

6. L'imaginaire technique

L'illusion génératoire

La longue genèse des cadres de référence

L'imaginaire social de la technique

La place de l'imaginaire dans le processus d'élaboration
technologique

7. La genèse des cadres socio-techniques

De l'imaginaire technique au cadre de fonctionnement

De l'imaginaire social au cadre d'usage

Le cadre de référence socio-technique

[Les trois temps de l'innovation](#)

[Conclusion](#)

[Bibliographie](#)

[Index](#)

Avant-propos

A lors que l'économie occidentale est plongée dans la crise depuis vingt ans, un discours revient de façon récurrente : les nouvelles technologies vont permettre de relancer la machine économique et de nous faire sortir de la récession. Si jusqu'à maintenant les différents projets volontaristes de promotion des nouvelles technologies n'ont pas toujours été couronnés de succès, loin s'en faut, cela tiendrait, selon la plupart des observateurs, au fait que l'articulation avec le marché a été insuffisante. Et il est vrai que bien des nouvelles technologies n'ont pas réussi à créer de nouveaux usages. Ce diagnostic a incontestablement l'intérêt de montrer qu'il est nécessaire d'associer, dans une même réflexion, technique et usage, une option qui, comme nous le verrons, est assez rare en sciences sociales.

Mais si l'objectif tracé est bien le bon, la mise en place d'un tel programme est difficile et plus d'une étude sur les nouvelles technologies n'a pas réussi à construire les instruments théoriques et méthodologiques nécessaires. Me heurtant, comme d'autres, à cette difficulté, il m'a paru nécessaire de contourner l'obstacle, de faire un long détour, en examinant comment, dans le passé, les machines qui sont aujourd'hui bien établies s'étaient développées tant au niveau technique qu'au niveau des usages. J'ai réalisé cette recherche dans le domaine

des techniques d'information et de communication. L'ouvrage que j'en ai tiré, *Une histoire de la communication moderne*^[1], ne prétendait pas être une histoire générale des machines à communiquer, mais tentait plus modestement de montrer comment ces machines sont le résultat d'une double construction, technique et sociale.

A la suite de cette première dérive par rapport à mes préoccupations initiales, il m'a semblé utile d'en entreprendre une seconde en rédigeant un essai théorique. Comment les sciences sociales se posent-elles la question de l'innovation, des rapports entre technique et usage ? Voilà le point de démarrage de cet ouvrage.

Bien entendu, on ne peut prétendre dresser en deux cents cinquante pages un panorama complet de la littérature en sciences sociales sur le sujet. Mais tel n'est pas le propos. Mon objectif est différent, il s'agit de faire une lecture critique de différents travaux pour pouvoir élaborer une nouvelle démarche d'analyse de l'innovation technique. Le choix des auteurs avec lesquels j'établis un dialogue dans ce livre est essentiellement subjectif, l'ordre retenu pour présenter leurs travaux est celui qui m'a paru nécessaire pour bâtir les différents éléments de mon approche.

Avant de présenter le plan de cet itinéraire réflexif, il convient d'indiquer que les auteurs avec qui j'engage le dialogue ici appartiennent à différentes disciplines : aussi bien à la sociologie qu'à l'histoire, l'économie et l'anthropologie. Il y a

certes dans ce choix la volonté de se situer dans ce marché commun des sciences sociales qu'évoquait Fernand Braudel quand il écrivait : « La sagesse consisterait à ce que nous abaissions tous ensemble nos traditionnels droits de douane. La circulation des idées et des techniques s'en trouverait favorisée et, en passant de l'une à l'autre des sciences de l'homme, idées et techniques se modifieraient sans doute, mais créeraient, esquisseraient au moins un langage commun^[2]. » L'inconvénient de cette démarche, c'est qu'elle fait courir un risque réel d'emprunts sauvages, d'importation de concepts hors du cadre théorique qui leur donne un sens. Néanmoins, ce risque pouvait être pris dans la mesure où beaucoup des travaux sur lesquels je m'appuierai ont déjà un aspect pluridisciplinaire, associant historiens et économistes, sociologues et anthropologues. Ainsi, mon objectif est moins de me situer dans ce marché commun proposé par Braudel que de m'appuyer, pour la construction de ma thèse, sur des concepts frontières à l'interface de plusieurs disciplines, dont la fécondité vient justement de la mixité.

Il faut enfin indiquer que si cette réflexion sur l'innovation prend un caractère général, les cas qui me permettront d'illustrer mon propos seront généralement pris dans le champ de la communication. Ma réflexion sur l'innovation a mûri au cours de mes recherches historiques sur ce domaine, elle s'en est largement nourrie.

Le parcours proposé par cet ouvrage est organisé en trois étapes. Je présenterai tout d'abord les théories standards sur la

technique qui sont structurées autour d'une séparation radicale entre technique et société. Certains travaux s'intéressent aux laboratoires et aux inventeurs, d'autres à la diffusion de la technique et à ses usages, et ces deux secteurs de la recherche s'ignorent totalement. Mais surtout, si les uns s'intéressent aux conditions de l'innovation et les autres à sa diffusion, la technique reste pour ces théories un impensé, une boîte noire que personne n'ose ouvrir. Quand, dans d'autres théories, un lien est envisagé entre technique et société, il s'agit toujours d'établir un rapport déterministe. La grande question est de savoir lequel des deux termes détermine l'autre ou, au moins, l'influence.

A côté de ces théories standards largement dominantes en économie, en sociologie et en histoire, l'anthropologie et la nouvelle sociologie des sciences proposent de nouvelles approches, elles essaient d'ouvrir la boîte noire et de traiter indifféremment des aspects techniques et sociaux. Ce sera le thème de la deuxième partie. Dans cette lignée de recherche, et en m'appuyant sur les acquis de la sociologie interactionniste, je présenterai alors ma propre approche de l'innovation. J'étudierai comment s'organise l'action socio-technique des différents acteurs de l'innovation, notamment celle des concepteurs et des usagers, au sein de mêmes cadres de référence.

La troisième partie de ce livre introduira dans le modèle un nouvel élément : le temps. Quel rôle joue-t-il ? Comment intervient-il dans les choix technologiques ? L'analyse porte non

seulement sur la succession des événements techniques et l'irréversibilité des choix effectués, mais également sur l'évolution des représentations, des utopies techniques et sociales. A partir de ces éléments, on peut étudier les différentes phases qui permettent à une innovation de se constituer tant dans son fonctionnement technique que dans ses usages.

Ce travail a bénéficié des suggestions et des critiques de Paul Beaud, Michel Callon, Jean Caune, Patrick Fridenson, Dominique Foray, Bernard Miège, Dominique Pestre, Louis Quéré et Jean-Jacques Salomon, qui ont accepté de lire les premières versions de ce manuscrit^[3], je les remercie tout particulièrement.

Je tiens également à remercier Michel de Fornel, Christine Jaeger, Josiane Jouët, Danièle Linhart, Alain Rallet, Étienne Turpin qui m'ont également fait part de leurs remarques sur tel ou tel chapitre de cet ouvrage. Jean-Pierre Bacot m'a aidé à traquer les multiples opacités et erreurs qui apparaissent toujours dans un manuscrit. Enfin, ce texte n'aurait pu être édité sans le travail de mise en forme réalisé par Armelle Chhun.

Notes du chapitre

[1] ↑ Patrice FLICHY, *Une histoire de la communication moderne. Espace public et vie privée*, La Découverte, Paris, 1991.

[2] ↑ Fernand BRAUDEL, « Unité et diversité des sciences de l'homme », in *Écrits sur l'histoire*, Flammarion, Paris, 1985, p. 90.

[3] ↑ Une première version a été présentée dans le cadre d'une habilitation à diriger des thèses.

I. Les théories standards

1. De la technique ignorée au tout-technique

Dans un ouvrage récent, Bruno Latour explique l'échec de certains projets techniques par le fait que leurs promoteurs ont manqué d'amour pour leurs inventions^[1]. Si les ingénieurs n'aiment pas suffisamment la technique, les intellectuels ne l'aiment souvent pas du tout. Ceux qui font profession d'analyser la société l'ignorent superbement. Certes, on a vu naître ces dernières décennies des revues comme *Technique et société* ou *Culture technique*^[2]. Mais, dans l'ensemble, les sciences sociales n'accordent qu'une place restreinte à la technique. Les économistes l'excluent le plus souvent de leur champ de préoccupation. Après avoir passé les faits économiques au tamis de leurs concepts (production, capital, travail...), s'il leur reste un résidu, ils le nomment technique. Pour le sociologue, la technique est bien souvent une boîte noire : il observe sa diffusion et se soucie surtout de ses effets. Quant à l'historien, s'il s'y intéresse, c'est en général pour l'enfermer dans un pré carré ; l'histoire technique des techniques ignore tout de la société. Chez d'autres penseurs enfin, la technique renvoie à la modernité. Elle recouvre toute la société, moins par ses objets que par ses principes d'organisation du travail, de consommation. En définitive, la position traditionnelle des sciences sociales revient soit à

ignorer la technique, soit à la prendre pour un acquis immuable. On peut considérer que ces deux attitudes, que nous allons étudier successivement, relèvent de la même méfiance.

Le résidu de l'analyse économique

Les économistes classiques se sont souciés de la question du progrès technique et tout particulièrement de son incidence sur l'emploi. Adam Smith voyait dans la mécanisation et dans la division du travail qui lui était associée un facteur de la croissance du revenu. Ricardo, puis, après lui, Karl Marx estimaient par contre que les nouvelles machines, en substituant du capital au travail, engendraient le chômage. De leur côté, les économistes néo-classiques abandonnent la question du développement économique pour s'intéresser à l'équilibre général dans un contexte essentiellement statique. Dans ce nouveau cadre théorique, la question de la technique est négligée. Plus exactement, les économistes néo classiques estiment que la technique n'appartient pas au champ de l'économie. Lionel Robbins, sommité académique londonienne, écrit avant guerre : « Les problèmes de la technique et les problèmes de l'économie sont fondamentalement différents » ; et plus loin : « Les économistes ne sont pas intéressés par la technique en tant que telle. Ils s'y intéressent uniquement en tant que facteur qui influe sur la rareté relative des différents biens ^[3] . »

De son côté, l'économiste autrichien Friedrich von Hayek peut affirmer : « Tant qu'il s'agit de son problème, l'ingénieur ne participe pas à un processus social dans lequel d'autres peuvent prendre des décisions indépendantes, mais il vit dans un monde séparé qui lui est propre. [...] Il n'a pas à chercher quelles sont les ressources disponibles ni à connaître l'importance relative des divers besoins. [...] On lui a donné des connaissances sur la propriété des choses qui ne changent nulle part ni à aucun moment et qui sont indépendantes d'une situation humaine particulière ^[4]. » Hayek développe ainsi une position qui, nous le verrons, est partagée par de nombreux spécialistes des sciences sociales : la technique est indépendante de la société, elle est gouvernée par des lois objectives où les choix et représentations sociales n'interviennent pas.

Si nous revenons au discours économique néo-classique, Robbins précise son point de vue en indiquant que la technique est une donnée externe, comme le goût. La première a une influence sur les fonctions de production, le second sur les échelles de préférence du consommateur. L'économiste n'a pas plus à s'intéresser à la technique qu'au goût. Ce sont des données qui resteront invariantes dans cette problématique fondamentalement statique.

De 1880 à 1950, la théorie néo-classique s'est essentiellement intéressée au problème de l'équilibre et donc aux questions d'ajustement. Les conditions nécessaires à l'élaboration de ce type de théorie sont celles de l'unicité, de la stabilité. Toute

incertitude ou même toute transformation de la technique ou du goût est renvoyée à l'extérieur du champ de l'analyse. Quand, dans les années cinquante, les économistes commencent à s'intéresser à la question de la croissance, la technique, qu'ils avaient complètement évacuée, réapparaîtra de façon inattendue.

L'analyse néo-classique va alors tenter d'expliquer les origines de la croissance de la production [5]. Celle-ci vient d'abord d'un accroissement des quantités de facteurs de production (capital ou travail) à la suite, par exemple, d'une augmentation du taux d'épargne (pour le capital) ou de la population (pour le travail). Mais ces accroissements n'expliquent pas toute la croissance. Il reste un « résidu », c'est-à-dire que la production augmente même quand le travail et le capital restent constants. Selon les cas, ce résidu représente entre la moitié et les trois quarts de la croissance. Les économistes se sont longuement interrogés sur cette amélioration « gratuite » de l'efficacité des facteurs de production, qui est en fait à l'origine de la majeure partie de la croissance. Le résidu est expliqué soit par les faiblesses théoriques ou statistiques du modèle, soit par l'absence d'un facteur de production.

Ce facteur inconnu devenant le principal facteur d'explication de la croissance, la théorie néo-classique doit donc faire appel à un élément extérieur à son champ d'analyse pour expliquer la croissance. Pour sortir d'une théorie où le « résidu » est devenu la principale cause de la croissance, les économistes vont donc essayer d'intégrer la technique.

Robert Solow fut l'un des premiers, en 1957, à proposer de prendre en compte le changement technique dans la fonction de production. Pour lui, la production est déterminée par trois facteurs, le capital, le travail et le changement technique. Il précise qu'il appelle « progrès technique n'importe quel changement dans la fonction de production. Ainsi, les récessions, les accélérations, les améliorations de l'éducation de la force de travail sont considérées comme progrès technique ^[6] ». On trouve là un bon exemple du formalisme de l'analyse économique. Solow nomme « résidu » le progrès technique et, après ce tour de passe-passe, il peut déclarer : « Sur la période 1909-1949, le progrès technique explique 87 % de la croissance ^[7] . »

Par la suite, Solow et d'autres économistes vont tenter d'incorporer le progrès technique au capital. Le progrès technique changeant la forme des biens capitaux utilisés, différents modèles permettent de l'intégrer.

On tient alors compte du fait que les biens capitaux sont hétérogènes, puisqu'ils incorporent des techniques différentes et qu'une nouvelle technique ne peut avoir d'efficacité que quand elle est incorporée dans un équipement nouveau. On revient alors à des fonctions de production à deux facteurs (capital et travail) en ayant ainsi largement éliminé le « résidu ». Dans cette logique, l'intérêt pour le progrès technique n'aurait été qu'une étape dans le développement de l'analyse économique, pour aboutir à une étude plus fine des biens capitaux, tenant compte notamment de leur âge ^[8] . De

façon plus polémique, David Landes résume ainsi la tentative des économistes pour réduire le « résidu » : « Ces efforts ont réussi dans la mesure où ils ont permis d'augmenter la place des facteurs traditionnels, mais il ne paraît pas évident que cela représente plus que l'astuce d'un comptable intelligent. La réalité des savoirs, du savoir-faire, des habitudes de travail [...] demeure bien qu'ils soient maintenant homogénéisés comme la crème dans le lait [9] . »

Si nous passons du domaine de la macro-économie à celui de la micro-économie, la technique apparaît toujours comme un élément externe. Mark Blaug définit bien la position dominante quand il écrit au début d'un article : « La question abordée ici est celle des innovations et non des inventions. On considère que l'entrepreneur est confronté à une liste d'inventions connues mais encore inexploitées dans laquelle il peut choisir. Comment cette liste est dressée et continuellement augmentée est une question qui relève d'un traitement séparé [10] . »

Cette coupure entre une invention qui relèverait de la technique et une innovation qui tiendrait à l'économie est au cœur des travaux de Joseph Schumpeter. Pour celui qui est considéré comme l'économiste de la première moitié du xx^e siècle qui s'est le plus intéressé à la technique, l'entrepreneur n'intervient pas dans les nouveautés qu'il lance. Son activité principale est de sélectionner les nouveaux systèmes techniques qu'il va mettre sur le marché. L'entrepreneur « schumpétérien » est donc celui qui assure la médiation entre deux mondes étanches. Quand, par exception, un inventeur

comme Edison devient entrepreneur, il opère une mutation profonde dans son activité.

Pour Schumpeter, l'innovation est, en effet, quelque chose d'exceptionnel qui ne renvoie pas à la continuité de la notion de croissance économique. Elle peut prendre plusieurs formes : « Le lancement d'un nouveau produit, comme celui de nouvelles formes d'organisation, la réalisation d'une fusion ou l'ouverture de nouveaux marchés ^[11] ». On voit donc que l'innovation n'est pas, pour lui, la suite de l'invention, puisque plusieurs des nouveautés qu'il cite ne nécessitent pas de nouveaux savoir-faire techniques. Néanmoins, quand Schumpeter veut définir avec précision l'innovation, il se centre sur l'activité productrice, « l'innovation est alors le fait d'établir une nouvelle fonction de production ^[12] ». Il s'inscrit en cela dans la tradition néo-classique, dans la lignée d'un Léon Walras qui définissait déjà en 1877 le progrès technique comme un ensemble de changements dans « les coefficients de fabrication ^[13] ». On trouve également cette définition chez les spécialistes de l'étude de la croissance comme Solow (voir *supra*).

L'aspect le plus critiquable de la position de Schumpeter, comme de l'ensemble des néo-classiques, est que l'entrepreneur est censé puiser dans un fonds inépuisable d'inventions non exploitées. En effet, l'invention est une ressource rare qui a un prix, et pour laquelle il peut exister de fortes barrières à l'entrée. Les entreprises sont donc amenées à se procurer par elles-mêmes cette ressource en investissant dans la recherche-

développement. Si l'on peut retenir l'idée que l'entrepreneur soit un médiateur entre la technique et l'économie, il faut bien voir que cette médiation fonctionne dans les deux sens et pas seulement, comme chez Schumpeter, de la technique vers l'économique [14].

Les économistes de l'innovation distinguent traditionnellement innovation de produit et innovation de procédé. Si cette distinction est souvent artificielle (un nouveau procédé de fabrication peut amener en définitive à modifier le produit ; à l'inverse un nouveau produit nécessite souvent un nouveau procédé de fabrication), elle conserve néanmoins un sens. Elle permet de caractériser le champ couvert par la plupart des économistes néo-classiques : ceux-ci ignorent l'innovation de produit et s'intéressent exclusivement à l'innovation de procédé.

Ainsi le progrès technique n'a-t-il pas d'autre conséquence macro-économique que de créer des gains de productivité et d'accroître l'offre. Bernard Real [15] estime, au contraire, qu'à côté d'une approche du progrès technique par l'offre on peut bâtir une approche complémentaire par la demande. Il distingue deux types d'innovation : les innovations de procédé et les innovations de consommation. Les premières agissent sur l'offre, les secondes sur la demande. Les innovations de procédé qui induisent des gains de productivité n'entraînent de la croissance et de l'emploi que si la demande est dynamique. Or celle-ci ne peut l'être que si apparaissent des innovations de consommation. Après guerre, l'automobile, l'électroménager, la

télévision ont constitué ces innovations de consommation qui ont porté la croissance. Aujourd’hui, de telles innovations paraissent insuffisantes pour permettre le développement et le plein emploi.

Cette approche qui se situe dans le prolongement du courant néo-schumpétérien montre qu'il existe des alternatives pour intégrer l'étude du changement technique dans l'économie. En revanche, dans la théorie économique « standard », l'innovation occupe toujours une place faible et le constat fait par H. Bruton en 1956 reste d'actualité : « L'état lamentable de notre compréhension de l'origine et du processus du changement technique » constitue « le plus important déficit » de la théorie économique contemporaine [16].

Les économistes et la diffusion de l'innovation

La diffusion de l'innovation constitue le deuxième domaine d'intérêt des économistes qui se sont préoccupés du changement technique. Le modèle de base élaboré dans les années soixante part de l'idée d'imitation, et cherche à étudier la propagation d'une nouveauté. A l'origine, il y a transfert dans les sciences sociales du modèle épidémiologique de propagation par le contact. Quand on décrit la progression d'une innovation en fonction du temps, on obtient une courbe en S (démarrage

lent, forte croissance, puis stagnation), dite sigmoïde. Les grandes lignes de ce modèle se retrouvent aussi bien dans les études de diffusion interne à la firme que dans celles propres à une industrie ou à l'ensemble d'une économie. Dans les deux premiers cas, les économistes ne se sont intéressés qu'aux innovations de procédé.

Edwin Mansfield, qui fut l'un des premiers à élaborer ce modèle, le résume ainsi : « La probabilité qu'une firme introduise une nouvelle technique est une fonction croissante de la proportion des firmes qui l'ont déjà utilisée, de la profitabilité de l'innovation, et une fonction décroissante du montant de l'investissement ^[17] ». Zvi Griliches a développé une problématique voisine pour rendre compte de la diffusion du maïs hybride dans les différents États américains ^[18]. Une de ses conclusions est que « les différences de profitabilité constituent une variable explicative puissante et qu'il n'est pas nécessaire de faire appel aux distinctions psychologiques, éducatives ou sociales ^[19] ».

En termes opérationnels, les auteurs de ce modèle cherchent, en fait, à construire des indicateurs de vitesse de diffusion. Dans une perspective où un nouveau produit doit à terme saturer un milieu donné, il convient de prévoir le chemin de développement.

Ce modèle standard de la diffusion peut être critiqué sur de nombreux points. Tout d'abord, il ignore la question du lancement de l'innovation et, *a fortiori*, celle de la conception de

l'objet technique. Celui-ci n'a aucune épaisseur. Il a été mis au point définitivement avant sa diffusion. Il ne sera plus modifié par la suite. Cette finitude de l'objet technique permet de déterminer *a priori* l'espace de diffusion. A l'origine du modèle se trouve l'idée d'imitation, ce qui extériorise une fois de plus la technique et est également incapable d'expliquer le démarrage du marché. Cette dichotomie technique/diffusion amène les auteurs du modèle à ne pas prendre en compte l'évolution de l'objet technique.

Le modèle qui s'intéresse à un phénomène temporel (la diffusion) est en fait bien statique. Il définit également *ex ante* la population potentielle de l'innovation (l'asymptote supérieure de la courbe en S). Alors que, au cours du temps, le plafond de diffusion se modifie au fur et à mesure que l'objet technique se transforme, que se dégagent d'autres formes d'utilisation qui n'avaient pas été imaginées au démarrage.

Cette question de l'évolution de l'objet technique a en fait plusieurs composantes. Tout d'abord, le producteur continue à améliorer son produit pendant la diffusion. L'activité inventive ne s'arrête pas, elle permet de lancer des générations successives du produit, des modèles différents. Puis, la répétition de la production du nouvel objet technique génère un processus d'apprentissage. L'économiste américain Kenneth Arrow [20] fut l'un des premiers à étudier ce phénomène qu'il appelle apprentissage par la pratique productive (*learning by doing*). On obtient ainsi des gains de productivité qui

permettent de diminuer le temps nécessaire à la fabrication du nouvel objet technique.

A l'apprentissage par la production, Nathan Rosenberg oppose l'apprentissage par l'usage (*learning by using*)^[21]. L'usage permet à l'opérateur de la machine d'améliorer ses performances ; une meilleure adéquation entre l'homme et la machine apparaît. L'usage peut également amener à modifier la machine. Selon l'importance de la modification, celle-ci peut être prise en charge par l'utilisateur ou par le producteur.

Ces différentes formes d'évolution de la technique remettent en cause l'une des hypothèses de base du modèle standard de la diffusion : la profitabilité constante de l'adoption de la nouvelle technique^[22].

Un certain nombre d'économistes, et notamment Nathan Rosenberg, ont posé les bases d'une autre approche économique de la diffusion. Ils refusent la coupure entre invention et diffusion et tiennent compte de la continuité de l'activité inventive. Ils intègrent à leurs analyses les multiples interactions entre offreurs et demandeurs qui ont des répercussions tant sur l'usage que sur la profitabilité. En un mot, ils s'emploient à construire une nouvelle analyse dynamique et interactive. On trouvera dans le tableau ci-contre une synthèse des deux modèles économiques de la diffusion.

	Modèle standard de la diffusion	Options théoriques nouvelles
Objet de la diffusion innovation	Entité figée, inchangée, durant tout le processus, domaine d'application stable	Continuité de l'activité inventive Conception dynamique de l'objet et de l'espace
Espace de la diffusion	Caractérisation réduite au degré de concurrence et à la taille des firmes	Cohérence et complémentarités Préexistence de structures industrielles et technologiques spécifiques
Représentation de la diffusion	Saturation d'un milieu par extension de l'innovation de firme à firme, sur la base d'un ressort unique : l'imitation	Double mouvement de saturation du milieu et d'élargissement du domaine initial d'application
Objectif du modèle	Vitesse de la diffusion	Explicitation de la double dynamique de l'objet et de l'espace de diffusion, analyse des procédures d'évaluation, impacts de l'innovation
Statut de la recherche technique dans la théorie économique de la diffusion	Caractère exogène, variable explicative de la vitesse de diffusion, dichotomie recherche technique/diffusion	Caractère endogène, relations enchevêtrées, intégration recherche technique-diffusion

Source : D. FORAY et C. LE BAS, op. cit., p. 646.

Les sociologues et la diffusion de l'innovation

Il est relativement exceptionnel que différentes disciplines des sciences sociales effectuent des recherches empiriques sur le même objet. Et pourtant, la diffusion du maïs hybride, qui, comme nous l'avons vu, constitue l'une des recherches phares de l'économie de l'innovation, avait déjà été étudiée quinze ans auparavant par deux sociologues. L'enquête réalisée par Bryce Ryan et Neal Gross [23] sur la diffusion de cette céréale dans l'Iowa a même constitué pendant plusieurs décennies la grande enquête de référence chez les sociologues de l'innovation. Alors que les études économiques et sociologiques ont été réalisées indépendamment l'une de l'autre, une controverse est apparue par la suite entre les deux équipes. En conclusion de son article, l'économiste Griliches écrivait : « Je pense profondément que, sur le long terme et à un niveau macro, les variables sociologiques tendent à s'éliminer elles-mêmes, laissant les variables économiques comme les déterminants majeurs du changement technique [24]. »

Everett Rogers va mener le combat contre l'arrogance des économistes de l'école de Chicago (Griliches appartenait à cette université). Si, dans certains cas, « les aspects économiques peuvent constituer le facteur explicatif du taux d'adoption d'une innovation, par contre, prétendre qu'ils sont le déterminant unique est ridicule. Si d'aventure le docteur

Griliches avait interviewé personnellement un des fermiers du Middlewest dont il parle [...] il aurait compris que l'agriculteur n'est pas à 100 % un *homo œconomicus* [25] ». Ryan et Gross avaient d'ailleurs remarqué dans leur enquête qu'aucun agriculteur interrogé n'avait cité le coût de l'investissement initial (achat des semences) comme frein à l'adoption. Ils estimaient que la variable économique était neutre, puisqu'elle s'exerçait de la même façon sur tous les agriculteurs.

Nous avons affaire à un conflit classique entre l'économiste et le sociologue. Le premier pourrait rappeler que même si l'agriculteur n'est pas un *homo œconomicus* à 100 %, il est bien douteux qu'il ne fasse aucun calcul de rentabilité dès lors qu'il s'agit d'une innovation de production que le sociologue traite d'ailleurs comme s'il s'agissait d'une innovation de consommation. Le sociologue rétorquerait probablement que dans le cas présent nous avons affaire à des entreprises familiales qui ne disposent pas toujours de tous les outils comptables nécessaires au calcul économique et que le choix du maïs hybride oblige l'agriculteur à acheter chaque année ses semences, perdant ainsi de l'autonomie par rapport au fonctionnement traditionnel où il sème des graines issues de sa propre récolte.

Quoi qu'il en soit de ce débat, revenons à l'analyse sociologique de l'innovation. Ryan et Gross montrent que la diffusion fonctionne selon un processus cumulatif. « Il n'y a pas de doute, écrivent-ils, que le comportement d'un individu dans une population où chacun interagit sur les autres affecte le

comportement des autres. Ainsi, la démonstration du succès du maïs hybride dans quelques fermes offre une situation de changement à ceux qui n'ont pas eu le même goût de l'expérimentation. Le fait même de l'adoption par un ou plusieurs agriculteurs offre un stimulus nouveau aux autres [26]. » L'idée de réseau d'influence constitue le cœur de la théorie sociologique de la diffusion de l'innovation.

Everett Rogers est le principal théoricien de ce courant sociologique. Selon lui, cinq caractéristiques déterminent l'adoption éventuelle d'une nouvelle technique :

- l'avantage relatif qui peut être mesuré en termes économiques, mais également en termes de prestige social ou de satisfaction ;
- la compatibilité avec les valeurs du groupe d'appartenance ;
- la complexité de l'innovation ;
- la possibilité de la tester (les premiers utilisateurs du maïs hybride l'ont expérimenté sur quelques parcelles) ;
- la visibilité de l'innovation.

Le processus de décision suit également cinq étapes (la connaissance, la persuasion, la décision, la mise en œuvre et la confirmation). Rogers segmente enfin les utilisateurs en cinq groupes (les innovateurs, les premiers utilisateurs, la première majorité, la seconde majorité, et les retardataires). Ces

différentes typologies permettent de suivre l'évolution du taux d'adoption qui, comme chez les économistes, est la variable descriptive essentielle de la diffusion et décrit une courbe en S.

Le courant « diffusionniste » présente souvent à l'appui de ses thèses une seconde étude de référence, celle qui fut établie sur la diffusion d'un médicament. Elle fut réalisée en 1961 par Elihu Katz, Herbert Menzel et James Coleman. Katz, qui avait déjà une solide notoriété comme sociologue des médias, ignorait les travaux de Ryan et Gross. Quand il les découvrit, il établit une présentation comparée des deux enquêtes.

La première conclusion commune aux deux enquêtes fut que l'information sur le nouveau produit était insuffisante pour entraîner l'adoption. Ainsi, en 1934 (soit six ans après sa mise sur le marché), 90 % des agriculteurs de l'Iowa avaient entendu parler du maïs hybride, mais seuls 20 % d'entre eux l'avaient expérimenté. Si donc l'information était insuffisante, ce sont au contraire les contacts interpersonnels qui allaient entraîner l'adoption. « Si chacun des pionniers qui adoptent une innovation immédiatement sur ses caractéristiques déclarées en parle à des amis et si ces amis en parlent à d'autres amis et ainsi de suite, on aboutit à une courbe de diffusion en S^[27]. » Les phénomènes d'influence réciproque entraînent une croissance exponentielle (qui correspond aux deux premières parties de la courbe). On repère ainsi un fondement sociologique au modèle épidémiologique commun aux économistes et aux sociologues.

Le sociologue des médias qu'est Katz est particulièrement attentif à la communication [28]. « Les mass-media servent à informer, écrit-il, alors que les contacts personnels permettent de légitimer [29]. » On voit ici le rôle accordé aux leaders d'opinion qui, parmi le groupe de pairs, joueront un rôle d'entraînement et deviendront des agents du changement social. Cette perspective sera très largement reprise par Rogers. Il notera que les premiers « adoptants » d'une nouvelle technique sont les futurs leaders d'opinion, des personnes ouvertes sur l'extérieur, grands consommateurs de médias de masse.

L'analyse des courbes de diffusion peut être également utilisée dans un cadre macro. Ainsi, Melvin De Fleur compare les courbes de quatre grands médias de masse [30] : la presse, le cinéma, la radio et la télévision. Si les séries statistiques réunies permettent évidemment de construire des courbes en S, il fait cependant judicieusement remarquer que, dans le cas de la presse, un processus de diffusion qui prend un siècle peut difficilement être expliqué par des phénomènes d'influence réciproque.

Nous rencontrons là une question difficile que connaissent bien les économistes : les théories de l'analyse micro peuvent-elles servir de base à l'analyse macro ? En ce qui concerne les courbes de diffusion, l'analyse en termes de leaders d'opinion ne peut évidemment constituer la base théorique à une réflexion historique sur la diffusion des médias.

Si l'on reste au niveau macro, le modèle de la courbe en S ne nous donne d'ailleurs aucune indication sur l'évolution d'un média. En effet, la croissance peut être plus ou moins rapide. Le niveau de saturation, où la courbe en S atteint son asymptote, est parfois, contre toute attente, largement dépassé. Ainsi, les producteurs d'appareils de radio n'envisageaient-ils pas au moment de l'arrivée du transistor qu'un même ménage pourrait acheter plusieurs postes [31] ?

En dépit de leur conflit sur les motivations des nouveaux adoptants, économistes et sociologues de la diffusion ont des points de vue très voisins. Tous deux privilégient l'étude des courbes de diffusion. Tous deux ont une conception unidirectionnelle de la diffusion. Les adoptants sont passifs face à l'offre technologique. Ils acceptent ou non l'innovation. L'objet technique est considéré comme une boîte noire qui ne peut être modifiée. Du point de vue de l'économiste, le producteur transforme son système de production pour l'adapter aux nouvelles machines. Du point de vue du sociologue, le milieu d'accueil se transforme pour adopter l'innovation. Toutefois, si le décalage est trop grand entre les valeurs culturelles du groupe d'accueil et la nouvelle technique, celle-ci est refusée en bloc.

Certes, le sociologue distingue un sous-ensemble, celui des leaders d'opinion, lesquels ont une propension à innover plus grande et seront par la suite des agents de transformation du milieu de réception. Contrairement aux premiers adoptants de l'économiste, qui sont mus par une espérance plus forte de

profit, les leaders d'opinion du sociologue ne sont pas définis par leur implication dans la nouvelle technique, mais par leur ouverture vers l'extérieur de la communauté professionnelle (les médecins qui sont très présents à l'hôpital, les agriculteurs qui vont le plus à la ville...).

Les leaders d'opinion auraient donc une propension générale à innover, à adopter une nouvelle technique, quelle qu'elle soit. Ce point est à juste titre critiqué par les économistes, qui s'étonnent que les sociologues ne tiennent aucun compte dans leur analyse de la qualité ou de l'« utilité » du nouveau produit. Richard Nelson et Sidney Winter notent, par exemple, à propos de l'étude de Katz : « Les auteurs n'essaient même pas d'analyser quantitativement la manière dont le nouveau produit est médicalement supérieur aux alternatives existantes [32]. » Par ailleurs, ce modèle est très marqué par le contexte d'origine où il fut utilisé : opération centralisée de modernisation agricole, situation coloniale. Il semble mal adapté à des situations où la diffusion technique est beaucoup moins linéaire.

Mais la critique principale que l'on peut faire au modèle diffusionniste est de faire abstraction de la technique. On peut, en effet, considérer qu'il y a là une division du travail intellectuel et que ce type d'analyse ne s'applique qu'à la phase finale du développement technique. Ce modèle a effectivement donné naissance à des études empiriques très riches décrivant tout le réseau social de circulation d'une innovation au sein d'une société. Néanmoins, il existe une insuffisance

fondamentale de cette théorie, du fait qu'elle se refuse à tenir compte de la transformation de l'objet technique.

Prenons l'exemple du magnétophone ou du magnétoscope. Les réactions des utilisateurs « grand public » ont amené les constructeurs à modifier les caractéristiques de leur appareil : simplification d'usage (passage de la bande à la cassette) et limitation des possibilités dans des domaines considérés comme marginaux par les utilisateurs (enregistrement « live »). Une étude de la diffusion de ces appareils devrait évidemment intégrer ces transformations de l'objet technique. Notons d'ailleurs que, dans la troisième édition de son ouvrage, Rogers introduit le concept de « ré-invention », façon dont les utilisateurs modifient le dispositif qu'ils adoptent^[33]. Si pendant longtemps ce comportement était considéré par les sociologues de la diffusion comme un « bruit » dans le processus de diffusion, ou comme un obstacle à l'utilisation rationnelle et efficace de la nouvelle technique, aujourd'hui la « ré-invention » apparaît comme le signe d'une véritable intégration de la nouveauté dans la culture des adoptants^[34].

Le monde clos de l'histoire technique des techniques

Le diagnostic des historiens n'est pas très différent. En 1935, dans un numéro spécial de la revue *Les Annales* consacrée à

l'histoire des techniques, Lucien Febvre notait : « Technique, un de ces nombreux mots dont l'histoire n'est pas faite. Histoire des techniques : une de ces nombreuses disciplines qui sont tout entières à créer^[35]. » Sur l'époque moderne, il existe néanmoins une littérature non négligeable de récits d'inventions, que Bertrand Gille caractérise bien : « Quoi qu'on en ait pu dire, l'histoire des inventions est encore largement une mythologie et une hagiographie. [...] Mythologie dans la mesure où l'on fait intervenir des forces autonomes, souvent mal définies, hagiographie dans la mesure où l'inventeur apparaît comme un personnage doué de facultés supranaturelles : et les deux sont inévitablement liées puisque pour participer à cette mythologie, il faut avoir des qualités qui sont celles d'un saint, d'un personnage en relation directe avec les divinités^[36]. »

De son côté, l'historien économique américain Nathan Rosenberg dénonce la « théorie héroïque de l'invention » qui transparaît dans nos comportements les plus quotidiens. « En fait, non seulement notre droit des brevets, mais également nos livres d'histoire, et même notre langue, tout pousse à associer un nom et une date unique à chaque invention^[37]. »

Pour construire un discours savant sur la technique, il convenait bien sûr de rompre avec la théorie héroïque de l'invention. Une description minutieuse des techniques et de leur évolution apparaissait comme la meilleure façon de donner des gages de scientificité. En France^[38], l'histoire générale des techniques de Maurice Daumas constitue un bon

exemple de cette histoire technique des techniques qui se refuse à s'intéresser au contexte politique, social et économique des inventions. « La tâche originale de l'histoire des techniques, écrit-il, consiste à mettre en évidence la logique propre de l'évolution des techniques. Celle-ci en effet s'effectue avec une logique interne qui est un phénomène bien distinct de la logique d'évolution de l'histoire socio-économique [39]. » Cette recherche se situe dans une perspective internaliste de la technique. L'augmentation quantitative du nombre des techniciens entraîne, par un pur effet statistique, une croissance des innovations. « La pression des besoins, écrit Daumas, n'était pas suffisante pour accélérer le progrès technique. Il y fallait aussi un accroissement constant du nombre des techniciens [...]. Cette notion de l'influence numérique des protagonistes sur le rythme du progrès technique a toujours été négligée. Cependant, c'est là seulement que se trouve peut-être la cause de réalisations spectaculaires de notre époque [40]. »

A la vision internaliste de la technique de Daumas, on peut opposer la perspective de Lucien Febvre, selon lequel « chaque époque a sa technique, et cette technique a le style de l'époque. Un style qui montre à quel point tout s'enchaîne et s'interfère, dans les faits humains : comment, si l'on veut, la technique subit l'influence de ce qu'on peut nommer l'histoire générale et, en même temps, agit sur cette histoire [41]. »

C'est dans cette perspective d'insertion de la technique dans l'histoire générale que se situe également Bertrand Gille qui

entend écrire une histoire « enchaînée par le monde matériel^[42] ». Pour ce faire, il construit une longue durée dont les césures sont déterminées par les techniques dominantes. Contrairement au travail de Daumas, il ne s'agit plus d'écrire une encyclopédie des diverses techniques, mais d'analyser les systèmes techniques, ensemble cohérent de dispositifs compatibles et articulés les uns avec les autres. La liaison qui unit le fer et le charbon, au XIX^e siècle, est un bon exemple de ces systèmes. L'interdépendance des techniques définit à la fois un contexte et les éléments manquants. Ce cadre va orienter le travail des inventeurs. La tâche de l'historien est d'en montrer la cohérence. Dans un second temps, il peut envisager l'étude des rapports entre systèmes techniques et systèmes économiques et sociaux.

Cette volonté de structurer la diversité des techniques se retrouve également au cœur d'une discipline bien embryonnaire : la technologie. Dans les années soixante, André-Georges Haudricourt a souhaité créer une nouvelle science humaine qui serait au confluent de l'histoire et de l'ethnologie et aurait pour objectif de créer une classification naturelle des objets. Projet analogue à celui du biologiste où il s'agit de constituer « une classification généalogique qui doit rendre compte de la parenté réelle historique^[43] ». Les outils et techniques agricoles sur lesquels a principalement travaillé Haudricourt ne sont pas étudiés en eux-mêmes, mais en liaison avec les gestes qui permettent de les actionner.

Malgré leur différence, les historiens techniques des techniques et les technologues gardent la même perspective internaliste. Tous ces auteurs étudient la technique comme un monde à part qu'il faut décrire, classifier, structurer. Une fois ce travail réalisé, certains, comme Gille, envisagent dans un second temps de comparer les structures techniques aux structures sociales.

Quoi qu'il en soit, la perspective des historiens techniques de la technique est en phase avec celle des économistes néoclassiques. Pour Daumas, comme pour Hayek, technique et économie sont des mondes séparés qui fonctionnent chacun avec des rationalités spécifiques.

Le tout-technique

A la fin de ce parcours au sein de la théorie standard des sciences sociales, qui soit exclut la technique, soit la sépare totalement de la société, il convient enfin d'en étudier une dernière mouture qui, d'une autre manière, nie l'interaction technique-société, en dissolvant le social dans le technique.

Parmi les approches les plus englobantes des phénomènes techniques, celle de Jacques Ellul est probablement l'une des plus caractéristiques. Ellul estime qu'il y a une mutation fondamentale de la technique au tournant du XVIII^e et du XIX^e siècle. Si, auparavant, on ne disposait que de techniques parcellaires, diffusées localement, la révolution politique et

industrielle du XIX^e siècle étend l'utilisation de la technique à toute l'activité sociale, non seulement à la mécanique, mais également au droit, aux règles budgétaires, à l'économie... La technique participe de cette œuvre de rationalisation sociale lancée par les Lumières. « Ce grand travail de rationalisation, d'unification, de clarification se poursuit partout, aussi bien dans l'établissement des règles budgétaires et l'organisation fiscale, que dans les poids et mesures ou le tracé des routes. C'est cela l'œuvre technique. Sous cet angle, on pourrait dire que la technique est la traduction du souci des hommes de maîtriser les choses par la raison. Rendre comptable ce qui est subconscient, quantitatif ce qui est qualitatif... » Pour Ellul, la technique dépasse largement la machine : « L'essor mécanique global provenant de l'usage de l'énergie est postérieur à la plupart de ces techniques. Il semblerait même [...] que l'apparition de diverses techniques ait été nécessaire pour que puisse évoluer la machine ^[44]. » Il s'agit, en définitive, d'une véritable mutation culturelle : « Dans tout le cours de l'histoire sans exception, la technique a appartenu à une civilisation, elle y a été un élément, englobé dans une foule d'activités non techniques. Aujourd'hui, la technique a englobé la civilisation tout entière ^[45] . »

Ce système technicien dont parle Ellul intègre les différentes techniques. Il est « insécable ». L'évolution se fait par elle-même, sans intervention extérieure. « Il n'y a pas de choix entre deux méthodes techniques : l'une s'impose fatalement parce que ses résultats se comptent, se mesurent, se voient et sont indiscutables ^[46] . » La technique s'impose non seulement à ses

producteurs mais également à ses utilisateurs. « En fait, il n'y a rigoureusement aucune différence entre la technique et son usage [...]. L'homme est placé devant un choix exclusif, utiliser la technique comme elle doit l'être selon les règles techniques, ou ne pas l'utiliser du tout ; mais impossible de l'utiliser autrement que selon les règles techniques^[47]. » Toute interrogation éthique est impossible. Ellul cite à propos de la bombe atomique cette justification : « Puisque c'était possible, c'était obligatoire » ; et il conclut : « Tel est le maître-mot de toute l'évolution technique. »

En définitive, la technique devient complètement autonome, elle n'est plus contrôlée ni même influencée par une autre sphère de l'activité sociale. « L'économie peut être un moyen de développement, une condition du progrès technologique ou inversement elle peut être un obstacle, jamais elle ne le détermine, ni ne le provoque, ni ne le domine : comme pour le pouvoir politique, un système économique qui récuserait l'impératif technique est condamné^[48] . »

Cette technique autonome et incontrôlée est devenue le dispositif de coordination de la société ; « ce qui fait le lien entre les actions parcellaires des hommes, entre leurs incohérences, ce qui coordonne et rationalise, ce n'est plus l'homme mais les lois internes de la technique ; [...] l'unité intrinsèque de la technique seule assure la cohésion entre les moyens et les actions des hommes : ce règne lui appartient, force aveugle plus clairvoyante que la plus grande intelligence humaine^[49] ».

La pensée d'Ellul a eu un impact beaucoup plus grand en Amérique du Nord qu'en France. Chez nous, elle a été mal comprise, d'autant plus qu'au fil de ses ouvrages, l'auteur passe souvent d'une acceptation très englobante de la technique à un sens beaucoup plus restreint (la machine). Sa thèse peut apparaître comme une parfaite illustration du déterminisme technique. En réalité, la réflexion d'Ellul ne se situe pas là. Il décrit un système totalitaire dans lequel un dispositif sans contrôle, par sa propre dynamique, dévore l'ensemble de la société. Il n'y a plus de contre-pouvoir face au pouvoir technicien. Chaque tentative pour libérer l'homme de la technique le rive encore plus à ses chaînes, l'intègre plus au processus technique. La technique est anesthésiante, elle produit un totalitarisme *soft*.

La technicisation croissante de notre société se manifeste non seulement par l'extension du règne machinique, mais également par le développement des techniques intellectuelles. Celles-ci, telles les sciences économiques, sont moins des méthodes de connaissance que des dispositifs normatifs. Le système technicien sécrète également, avec la publicité, ses techniques de légitimation. Il favorise au surplus une créativité et un non-conformisme dont il a besoin pour son propre développement.

L'aspect totalitaire de la technique apparaît nettement dans la critique qu'Ellul fait du marxisme. Il reproche moins à Marx d'avoir imaginé que la dynamique des forces productives finirait par libérer le prolétariat, que d'avoir été l'un des

principaux acteurs de la réconciliation des classes populaires et de la technique. Ainsi bourgeoisie et prolétariat communient au moins dans la même foi en la technique !

Que conclure de cette thèse ? La problématique de la technique y est tellement englobante qu'elle stérilise toute analyse particulière du développement technique. Dire qu'il n'y a pas de choix technique puisque le plus efficace s'impose toujours, c'est soit ignorer la complexité du processus d'élaboration d'une technique, soit tenir un raisonnement tautologique où la bonne technique est toujours celle qui s'est imposée. En effet, une technique n'apparaît indispensable qu'après coup. Plus profondément, il y a dans la pensée d'Ellul un glissement logique que note bien Cornelius Castoriadis : « Là où l'on s'aperçoit que le mouvement technologique contemporain possède une inertie considérable, qu'il ne peut être dévié ou arrêté à peu de frais, qu'il est lourdement matérialisé dans la vie sociale, on tend à faire de la technique un facteur absolument autonome, au lieu d'y voir une expression de l'orientation d'ensemble de la société contemporaine^[50]. » Même les macro-systèmes techniques ont été choisis par la société. En définitive, la thèse du tout-technique d'Ellul est aussi inadéquate pour rendre compte des rapports entre technique et société que la thèse de la marginalisation de la technique des économistes néo-classiques.

Si l'on ne peut que refuser des théories qui ignorent la technique, la relèguent dans des cantons particuliers, ou la dissolvent dans la société, par contre, l'intérêt de l'étude de la

technique nous apparaît clairement à l'issue de ce chapitre. On ne peut, en effet, analyser ni la croissance économique, ni le travail industriel ou tertiaire, ni la communication médiatique sans étudier la technique. Celle-ci est partie prenante non seulement des modes de production, mais aussi des modes de vie. L'innovation technique apparaît aussi bien dans la production que dans la consommation.

Ces réflexions impliquent qu'il faut penser la technique et la société en articulation l'une avec l'autre. La technique n'est pas en dehors de l'économie et de la société. Il n'y a pas, d'un côté, le laboratoire où l'on élabore des objets techniques et, de l'autre, des réseaux de diffusion. Il convient d'associer dans une même théorie ces deux phases de l'histoire des innovations. La première façon d'articuler technique et société est donc d'examiner s'il existe des rapports de causalité ou d'influence entre ces deux termes, ce qui va nous conduire maintenant à examiner la thèse du déterminisme.

Notes du chapitre

[1] ↑ Bruno LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, La Découverte, Paris, 1992.

[2] ↑ La revue américaine *Technology and Culture* a été créée en 1959, son homologue français *Culture technique* date de 1979 et a été arrêtée en 1994.

[3] ↑ Lionel ROBBINS, *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*, Mac Millan, Londres, 1932, p. 35 et 37.

[4] ↑ Friedrich VON HAYEK, *Scientisme et sciences sociales*, Plon, Paris, 1953, p. 113-114.

[5] ↑ On utilise ordinairement une fonction de production simple comme celle de Cobb-Douglas $Y = A K^\alpha L^\beta$. Y représente la production de la période, K le stock de capital utilisé, L la quantité de travail, A, α et β des constantes, telles que $\alpha + \beta = 1$.

[6] ↑ Robert SOLOW, « Technical Change and the Aggregate Production Function », *Review of Economics and Statistics*, août 1957, p. 312.

[7] ↑ *Ibid.*, p. 320.

[8] ↑ Sur cette question du résidu, on pourra se reporter à Jean-Louis MAOUNOURY, *Économie du savoir*, Armand Colin, Paris, 1972, p. 377-402. Pour une analyse de la croissance américaine s'appuyant sur une étude des variations de l'âge du stock de capital, voir Richard NELSON, « Aggregate Production Functions and Medium Range Growth Projections », *American Economic Review*, septembre 1964.

[9] ↑ David LANDES, « On Technology and Growth » in Patrice HIGONNET, David LANDES et Henry ROsovsky, *Favorites of Fortune. Technology, Growth, and Economic Development since the Industrial Revolution*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1991.

[10] ↑ Mark BLAUG, « A Survey of the Theory of Process Innovations », *Économica*, Paris, février 1963, p. 13.

[11] ↑ Joseph SCHUMPETER, *Business Cycles*, Mc Graw Hill, 1939, p. 88.

[12] ↑ *Ibid.*

[13] ↑ Léon WALRAS, *Éléments d'économie politique pure (ou théorie de la richesse nationale)*, Paris, 1877 (cité par Christian LE BAS, *Économie des innovations techniques*, Économica, Paris, 1982, p. 25).

[14] ↑ Pour une critique des positions schumpétériennes sur l'innovation, voir Jean-Louis MAOUNOURY, *La Genèse des innovations*, PUF, Paris, 1968.

[15] ↑ Bernard REAL, *La Puce et le Chômage. Essai sur la relation entre le progrès technique, la croissance et l'emploi*, Le Seuil, Paris, 1990.

[16] ↑ H. J. BRUTON, « Contemporary Theorizing on Economic Growth », cité par Mark BLAUG, *op. cit.*, p. 14.

[17] ↑ Edwin MANSFIELD, « Technical Change and the Rate of Imitation », *Econometrica*, 29 octobre 1961, p. 762.

[18] ↑ Zvi GRILICHES, « Hybrid Corn : an Exploration in the Economics of Technological Change », *Econometrica*, octobre 1957.

[19] ↑ Cité par Robert DIXON, « Hybrid Corn revisited », *Econometrica*, septembre 1980, p. 1451.

[20] ↑ Kenneth ARROW, « The Economic Implications of Learning by Doing », *Review of Economic Studies*, vol. 29, juin 1962, p. 155-173.

[21] ↑ Nathan ROSENBERG, « Learning by Using », in Nathan ROSENBERG, *Inside the Black Box. Technology and Economics*, Cambridge University Press (Mass.), 1982.

[22] ↑ Pour une analyse critique détaillée du modèle de Mansfield, voir Dominique FORAY et Christian LE BAS, « Diffusion de l'innovation dans l'industrie et fonction de recherche technique : dichotomie ou intégration », *Économie appliquée*, n° 3, 1986, p. 615-650.

[23] ↑ Bryce RYAN et Neal GROSS, « The Diffusion of Hybrid Seed Corn in two Iowa Communities », *Rural Sociology*, vol. 8, 1943, p. 15-24.

[24] ↑ Zvi GRILICHES, *art. cité*, p. 522.

[25] ↑ Everett ROGERS, *Diffusion of Innovations* (3^e édition), The Free Press, New York, 1983, p. 215.

[26] ↑ Bryce RYAN et Neal GROSS, *art. cité*.

[27] ↑ Elihu KATZ, « The Social Itinerary of Technical Change : two Studies of the Diffusion of Innovation » (première publication, 1961), repris dans Wilbur SCHRAMM et Donald ROBERTS, *The Process and Effects of Mass Communication*, University of Illinois Press, 1971, p. 772.

[28] ↑ Les liens entre la sociologie de la communication et la sociologie de la diffusion sont multiples puisque Rogers, ténor du courant diffusionniste, s'est intéressé par la suite aux médias (voir Everett ROGERS, *Communication Technology, the New Media in Society*, The Free Press, New York, 1986).

[29] ↑ *Ibid.*, p. 785.

[30] ↑ Melvin DE FLEUR, « Mass Communication and Social Change » (première publication, 1966), repris dans Jeremy TUNSTALL, *Media Sociology, a Reader*, Constable, Londres, 1970, p. 59-78.

[31] ↑ Patrice FLICHY, *Une histoire de la communication moderne. Espace public et vie privée*, La Découverte, Paris, 1991, p. 221.

[32] ↑ Richard NELSON, Sidney WINTER, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press, Cambridge (Mass.), 1982, p. 269.

[33] ↑ Everett ROGERS, *op. cit.*, p. 175-184.

[34] ↑ Les théories de Rogers et de Katz amendées en tenant compte des interactions entre le technique et le social rencontrent aujourd’hui un nouvel écho dans la sociologie française. Dominique BOULLIER (*Réseaux*, n° 36, juin 1989) a tenté de « traduire » Rogers dans des termes empruntés à la nouvelle sociologie de l’innovation de Michel Callon et Bruno Latour. Les leaders d’opinion deviennent des porte-parole, la première étape de l’innovation est assimilée au processus d’intéressement...

[35] ↑ Lucien FEBVRE, « Réflexions sur l’histoire des techniques », *Annales d’histoire économique et sociale*, n° 36, nov. 1935, p. 531.

[36] ↑ Bertrand GILLE, *Histoire des techniques*, Gallimard, « La Pléiade », Paris, 1978, p. 46.

[37] ↑ Nathan ROSENBERG, *op. cit.*, p. 55.

[38] ↑ Il existe un certain nombre de travaux étrangers écrits selon la même problématique, le plus connu est celui de C. SINGER, E. J. HOLMGARD et A. R. HALL, *A History of Technology*, Clarendon Press, Oxford, 5 volumes, 1934-1958.

[39] ↑ Maurice DAUMAS, *Revue d’histoire des sciences et de leurs applications*, 1969.

[40] ↑ ID., *Histoire générale des techniques*, PUF, Paris, 1962, t. I, p. X.

[41] ↑ Lucien FEBVRE, *art. cité*, p. 533.

[42] ↑ Bertrand GILLE, *op. cit.*, p. IX.

[43] ↑ André-Georges HAUDRICOURT, *La Technologie science humaine*, Éditions de la Maison des sciences de l’homme, Paris, 1987, p. 41.

[44] ↑ Jacques ELLUL, *La Technique ou l’enjeu du siècle*, Économica, Paris, 1990 (première édition, 1954), p. 40.

[45] ↑ *Ibid.*, p. 117.

[46] ↑ *Ibid.*, p. 74.

[47] ↑ *Ibid.*, p. 91.

[48] ↑ Jacques ELLUL, *Le Système technicien*, Calmann-Lévy, Paris, 1977, p. 153.

[49] ↑ Jacques ELLUL, *La Technique ou l'enjeu du siècle*, op. cit., p. 87.

[50] ↑ Cornelius CASTORIADIS, article « Technique », *Encyclopædia Universalis*, t. 22, 1992, p. 125.

2. Déterminisme technique/déterminisme social

La question du déterminisme a suscité force controverses dans plusieurs disciplines des sciences sociales. Chez les économistes tout d'abord, qui se sont demandé si c'était l'offre technique qui créait l'innovation ou si, au contraire, c'était la demande sociale. Les historiens des techniques se sont également posé la question de savoir si les inventions sont inévitables, si la machine fait l'histoire. Les sociologues du travail se sont interrogés de leur côté sur les rapports entre l'automatisation et le taylorisme. Enfin, historiens et sociologues de la communication ont longuement débattu sur les effets des médias.

L'origine de l'innovation chez les économistes : pression de l'offre ou induction par la demande

Après avoir analysé huit études empiriques sur l'innovation, J. M. Utterback écrit : « Le marché semble avoir une influence déterminante. 60 % à 80 % des innovations importantes, dans

de nombreux secteurs, ont été développées en réponse aux besoins et à la demande du marché. » Il ajoute : « Il apparaît que l'innovation est stimulée par des marchés en expansion, par le coût croissant des facteurs, l'innovation ayant pour but de réduire l'utilisation des facteurs les plus coûteux^[1]. » David Mowery et Nathan Rosenberg^[2] ont critiqué à juste titre la théorie dite du pilotage par la demande^[3]. Ils recensent avec un plaisir évident les contradictions des études fondatrices de cette théorie. On y a privilégié des innovations qui ont rencontré un succès commercial. La méthode utilisée repose le plus souvent sur des entretiens avec des dirigeants d'entreprise. On peut se demander comment ceux-ci reconnaîtraient qu'ils ont investi des sommes considérables pour développer une innovation sans avoir une forte espérance de rencontrer le marché. Enfin, une relecture critique des travaux fondateurs de l'école du *market pull* met en lumière de nombreuses données qui permettent d'étayer la thèse inverse.

La démonstration de la théorie du pilotage par la demande est donc délicate. Si on se contente, en effet, d'affirmer qu'il y a des besoins potentiels et que la preuve de leur existence réside dans le fait que l'on remarque *a posteriori* qu'une nouvelle technique a rencontré un marché, c'est une lapalissade. Pour que cette théorie soit vérifiée, il faut « qu'il existe généralement une possibilité de connaître *a priori* (c'est-à-dire avant que le processus d'invention prenne place) la direction de développement du marché^[4] ». Or, le processus d'innovation technique se développe à son propre rythme, trop long pour attendre les signaux du marché pour démarrer. Par ailleurs,

l'économiste ne peut se contenter d'une notion floue de demande. A ses yeux, la demande s'exprime à travers une fonction mathématique qui relie des prix et des quantités, compte tenu des goûts du consommateur et de sa contrainte de revenu. Si, dans le cas d'un nouveau produit dont le consommateur n'a pas encore pu mesurer l'utilité, il paraît impossible de construire une courbe de la demande, la situation est différente pour les innovations de processus qui introduisent quant à elles un nouveau mode de fabrication. On comprend que si cette transformation des techniques de production se traduit par une diminution des coûts, la courbe d'offre se déplace sans modifier la fonction de demande des biens finaux. Un nouvel équilibre offre/demande peut donc se constituer, ce qui explique en passant que les économistes aient toujours privilégié dans leurs analyses l'innovation de processus.

Les partisans de la théorie de la prédominance de la demande invoquent souvent à l'appui de leur thèse l'ouvrage de Jacob Schmookler, *Invention and Economic Growth*^[5]. Celui-ci a montré que l'activité inventive d'une branche économique (qu'il mesure par le nombre de brevets déposés dans le domaine) dépend d'un indicateur de demande construit à partir des investissements mais également d'autres données (chiffre d'affaires, valeur ajoutée...). Cette analyse, qui se situe à un niveau macro-économique, porte sur les inventions brevetées et non sur les innovations commercialisées. Or on sait qu'il y a un décalage important entre les brevets et l'innovation et que, par ailleurs, de nombreuses innovations n'ont pas été

brevetées. En fait, J. Schmookler ne s'intéresse pas à l'influence de la demande sur l'innovation, mais à la façon dont le marché influence l'allocation des ressources pour l'activité inventive. C'est évidemment bien différent. Quand il s'agit d'inventions secondaires, dans le cadre d'un paradigme technique stable, le lancement sur le marché est plus rapide ; on peut alors dire que la demande influence l'innovation, ou, comme le dit Michel Zitt, que « le rythme d'invention est affecté davantage par les fluctuations de l'activité économique que par les résistances techniques ^[6] ». En revanche, quand il s'agit d'innovations majeures, de l'apparition d'un nouveau paradigme, la résistance de la technique constituée devient plus forte, le décalage entre invention et innovation s'accroît, la théorie du pilotage par la demande est largement infirmée ^[7]. Ainsi cette théorie qui veut introduire une relation mécanique entre l'évolution du marché et celle de la technique paraît-elle erronée. Elle est incapable d'expliquer quand et pourquoi l'innovation technique apparaît.

Les théoriciens de la poussée par l'offre technique insistent, au contraire, sur le rôle essentiel joué par le progrès des sciences et des technologies de base. L'évolution du savoir scientifique n'a, *a priori*, aucun lien avec la demande. L'activité des grands laboratoires techniques s'organise selon des rythmes d'activité longs qui ne permettent pas une adaptation rapide aux changements d'état du marché. Enfin, l'avènement de certaines innovations majeures paraît largement aléatoire et l'on sait que les inventeurs n'avaient souvent pas la moindre idée des usages éventuels de leurs trouvailles.

La théorie de la pression de l'offre accorde une place importante au rapport entre science et technique. Le progrès scientifique y est souvent présenté comme un facteur exogène qui va déterminer l'évolution des techniques, celles-ci étant elles-mêmes à l'origine des nouveaux produits mis sur le marché. Dans une telle perspective, la technologie est conçue comme une simple application d'un savoir scientifique préalable. Pourtant, il existe de nombreux exemples où la technologie a précédé le savoir scientifique. Les ingénieurs ont fourni aux scientifiques des instruments de mesure et un ensemble de faits empiriques à analyser. Il en ressort que, dans certains cas, l'ingénieur fait même pression sur le scientifique pour qu'il étudie tel ou tel phénomène. S'il veut construire son objet technique, le premier a en effet besoin de connaître les lois de développement des phénomènes qu'il utilise. En conclusion d'une étude sur la recherche aux laboratoires Bell à l'époque de la naissance du transistor, Nathan Rosenberg constate qu'« incontestablement le principal flux de savoir scientifique durant cette période est venu de l'industrie vers l'Université et non *l'inverse* ^[8] ».

Le schéma linéaire science-technique-marché apparaît donc invalidé dans sa partie amont. Examinons maintenant le segment aval. La théorie de la pression de l'offre technique a des limites évidentes, assez largement symétriques de celles rencontrées dans la théorie de la prédominance de la demande. Le développement de la séquence invention-innovation ne peut être réalisé indépendamment des facteurs économiques. Dans un article sur la naissance de l'avion à réaction, l'historien

américain Edward Constant montre que dans une première étape la constitution d'un nouveau paradigme est réalisée de façon autonome par la communauté des ingénieurs, mais que dans une seconde étape ce sont les critères d'efficacité et de coût qui déterminent si l'innovation est ou non mise sur le marché [9].

Une seconde limite de la théorie de la poussée par l'offre technique est de supposer une organisation unidirectionnelle de la séquence science-technologie-marché. En effet, de même qu'il existe de nombreuses situations où la technique précède la science, de même il existe des cas où le marché interpelle les laboratoires. En définitive, cette théorie échoue à montrer quand et pourquoi le marché se crée.

Les deux théories du *technological push* et du *market pull* apparaissent donc toutes les deux insatisfaisantes pour expliquer la naissance et le développement de l'innovation. Faut-il les renvoyer dos à dos et considérer ce débat comme purement académique ? Certains auteurs comme Richard Barras pensent que chaque théorie a sa période de validité. « On peut penser que, dans la phase initiale des innovations majeures de produit, la poussée technologique résultant d'une phase antérieure de recherche fondamentale et de développement est la force d'orientation prédominante. Par contre, dans les phases plus tardives d'innovation d'appoint, la pression de la demande créée par les usagers devient incontestablement dominante [10]. » Une telle synthèse ne m'apparaît pas satisfaisante, dans la mesure où, si l'offre

technique est une condition nécessaire du développement de l'innovation radicale, elle n'est pas une condition suffisante. Un exemple l'illustre : l'année 1948 voit apparaître la naissance (dépôt du brevet) du transistor et de l'holographie (système qui permet d'enregistrer des images tridimensionnelles sans lentille). La première technologie a eu une diffusion considérable, la seconde, quarante ans après, n'a pas encore trouvé de marché. Comme l'écrit Gerhard Mensch, qui établit cette comparaison, « triste est le destin de l'inventeur quand il travaille dans un domaine qui se trouve à l'écart de la pratique et des préoccupations industrielles dominantes ^[11] ». Pour ce qui est des innovations mineures qui se développent au sein d'un paradigme technique stable, il est également faux de penser que la demande soit dominante. L'histoire des composants micro-électroniques le montre, où le marché a été très largement piloté par l'offre ^[12]. La demande a été révélée par des potentialités technologiques remarquables. La croissance très forte de l'intégration et la diminution des coûts ont ouvert de nouveaux marchés à ces composants (électroménager, automobile...).

Aussi, s'il convient de garder l'idée de Richard Barras selon laquelle l'articulation entre l'offre et la demande ne joue pas de la même façon en période d'apparition de nouveaux paradigmes et en phase plus stable, on ne peut pas dire pour autant que l'offre domine dans une période et que dans l'autre ce soit la demande. Si le jeu de l'offre et de la demande de technique est en effet permanent, les cycles d'adaptation en sont différents. En période stable, l'adaptation offre/demande

est rapide. La technique peut répondre vite à une évolution de la demande et celle-ci réagit sans tarder à un progrès technique. Cette adaptation ne se fait pas toujours dans l'harmonie, mais elle se réalise. Ainsi en va-t-il avec les semi-conducteurs, où l'on assiste à des crises régulières dues à une difficile adaptation de l'offre à la demande.

Dans le cas d'apparition de nouveaux paradigmes, l'adaptation offre-demande peut se faire très rapidement, comme dans le cas du transistor, ou très lentement, comme dans celui de la mécanisation du tissage. L'incertitude est beaucoup plus forte dans un cas que dans l'autre.

En conclusion de cette réflexion sur le rôle respectif du marché et de la technologie dans la naissance de l'innovation, on peut dire avec Christopher Freeman que « ce qui rend l'innovation fascinante c'est que le marché et la technique évoluent constamment. Par conséquent, apparaît sans cesse, comme dans un kaléidoscope, une succession de nouvelles combinaisons possibles ^[13] ». Ce qui est techniquement impossible aujourd'hui pourra être possible dans un an ou deux. La technologie la mieux assise peut devenir obsolète demain. De même, des techniques qui ne trouvent pas de marché peuvent trouver demain la niche qui leur convient.

Freeman a étudié une série d'innovations, en comparant systématiquement des opérations ayant réussi et des opérations ayant échoué. Ce projet d'étude connu sous le nom de Sappho met en lumière deux conclusions importantes. Premièrement,

les entreprises disposant de puissantes équipes de recherche et développement ont un avantage compétitif par rapport aux entreprises du même secteur qui n'en ont pas. Deuxièmement, les firmes qui ont une connaissance approfondie de leur marché sont plus à même de saisir les opportunités offertes par la recherche-développement pour lancer de nouveaux produits [14].

Ces constatations amènent à avoir une conception plus dialectique des rapports entre l'offre technique et la demande. Toute théorie qui sépare le technique de l'économique, qui produit un modèle déterministe faisant, selon les cas, de l'un ou de l'autre le facteur explicatif de l'innovation, paraît fort contestable.

La question du déterminisme en histoire

Parmi les historiens, on l'a dit, peu nombreux sont ceux qui se sont intéressés à la technique. Quelques-uns lui ont accordé une place déterminante dans l'évolution sociale et politique. Ainsi Lynn White, après avoir étudié un objet technique apparemment mineur, l'étrier, montre que celui-ci occupe une place centrale dans l'histoire médiévale. « Peu d'inventions, écrit-il, sont aussi simples que l'étrier, mais peu ont eu une influence aussi importante dans l'histoire [15]. » En effet, en

donnant une meilleure assise au cavalier, l'étrier, qui apparaît vers le VIII^e siècle en Europe, « remplace l'énergie de l'homme par la puissance de l'animal et développe ainsi les forces offensives du guerrier [16] » ; celui-ci peut faire corps avec son cheval, le poids de celui-ci s'ajoutant à l'efficacité de son arme. Une nouvelle technique militaire est née : le combat à cheval. Les hommes capables de maîtriser cette technique pourront défendre leurs concitoyens, et une nouvelle catégorie sociale, celle des guerriers professionnels apparaît alors. Mais pour entretenir des chevaux de guerre, il faut des terres. En fixant des hommes sur ces terres, le pouvoir se garantit l'existence d'un corps monté. Le suzerain fournit donc à ses vassaux des terres à condition qu'ils s'engagent à le servir à cheval. « Les Carolingiens, par leur désir de posséder une cavalerie, connurent ainsi le premier régime féodal du Moyen Age [17] . »

Trente ans auparavant, Richard Lefebvre des Noëttes avait écrit un livre [18] sur une autre technique liée au cheval : l'attelage. Il montrait qu'une innovation majeure était apparue dans ce domaine au X^e siècle : le remplacement du collier de gorge par le collier d'épaule. Ce dernier permet au cheval de tirer des charges beaucoup plus élevées. Lefebvre des Noëttes voit là une des causes de la disparition de l'esclavage. Marc Bloch, qui a rendu hommage à la qualité du travail historique réalisé, a fortement contesté cette thèse : « Qui dit cause dit antécédence, note-t-il, or le déclin de l'esclavage n'a pas suivi les transformations de l'attelage. Il les a précédées [19] . » Mais Bloch va plus loin, il renverse la proposition : « Dans le rapport causal que cette thèse hardie nous proposait d'établir entre des

phénomènes en apparence très éloignés, [...] il semble bien que le principe même de la liaison doive être retenu. Disons mieux : élargi. Seulement, c'est en renversant l'ordre de ses termes [20]. » Cette causalité sociale, Bloch la voit également apparaître dans un cas qu'il a étudié personnellement [21], celui du moulin à eau. Cette technique qui commence à apparaître avant l'ère chrétienne ne sera réellement utilisée qu'à la fin de l'Antiquité, quand les sources en esclaves commencent à se tarir et qu'il convient de trouver d'autres solutions pour créer de l'énergie. Par la suite, au Moyen Age, les moulins banaux se substituent au broyage domestique, parce que les suzerains imposent cette pratique aux paysans et proscriivent les outils domestiques.

« L'invention, écrit Bloch, n'est pas tout. Encore faut-il que la collectivité l'accepte et la propage. Ici, plus que jamais, la technique cesse d'être la seule maîtresse de son propre destin [22] » ; et il cite ces paysans du nord de la France qui, bien que connaissant la faux, font la moisson avec des fauilles parce qu'ainsi ils laissent de longues tiges et permettent la cueillette des chaumes, activité collective indépendante des limites de propriété. La faux, instrument d'une agriculture individualisée, sera donc longue à s'imposer. En conclusion de son dernier article sur la technique, Bloch note : « Il n'existe point de train d'ondes causales privilégié ; point d'ordre de faits toujours et partout déterminants, opposés à de perpétuels épiphénomènes ; au contraire, toute société, comme tout esprit, est issue de constantes interactions. Le vrai réalisme en histoire, c'est de savoir que la réalité humaine est multiple [23]. » Ainsi

Bloch abandonne-t-il l'idée d'une causalité sociale, au profit d'une causalité plus complexe et multiple.

La position de Fernand Braudel, dans *Civilisation matérielle, économie et capitalisme*, sera assez voisine. « Dans un sens comme dans l'autre, avance ou immobilité, écrit-il, la technique c'est toute l'épaisseur de l'histoire des hommes » ; et il ajoute : « C'est pourquoi les historiens qui s'en veulent les spécialistes n'arrivent presque jamais à la saisir entièrement dans leurs mains. » Mais à ce « tout est technique », il ajoute quelques lignes plus bas : « Une innovation ne vaut jamais qu'en fonction de la poussée sociale qui la soutient et l'impose ^[24] . » Pour prendre un exemple cher à Braudel, on pourrait dire que ce n'est pas le gouvernail d'étambot qui assure la domination de Bruges et de son économie-monde mais toute une conjonction d'innovations navales, financières, politiques...

Bloch, comme Braudel, réfléchit à la question du déterminisme, en étudiant la technique à la fois au niveau de l'invention et de sa diffusion. Au contraire, différents historiens américains se sont intéressés à l'émergence des inventions. Robert Heilbroner estime que les différentes innovations se déroulent selon un ordre immuable qui est fixé par les lois de la nature. « Le moulin à vapeur, écrit-il, suit le moulin à bras non par hasard, mais parce qu'il est l'étape suivante de la conquête de la nature par la technique qui suit l'unique grand boulevard du progrès. [...] On ne peut pas atteindre l'équipement hydro-électrique avant d'avoir maîtrisé le moulin à vapeur, de même qu'on ne

peut atteindre l'âge nucléaire, avant d'avoir vécu sous l'âge électrique [25]. »

Un demi-siècle auparavant, William Ogburn avait déjà fait le constat que de nombreuses inventions avaient été effectuées parallèlement par plusieurs inventeurs qui s'ignoraient les uns les autres. Il s'était alors posé la question : « Les inventions sont-elles inévitables [26] ? » Il y répond en défendant la thèse du déterminisme culturel. Il utilise le concept de culture défini par un anthropologue comme Alfred Kroeber. Celui-ci intègre dans la culture aussi bien le technique que le social. La culture va largement déterminer les inventions possibles. Le plein développement de toutes les possibilités n'est qu'une question de temps. La place spécifique de tel ou tel inventeur est contingente. Ogburn prend l'exemple de l'électricité : « Son développement dépend plus d'éléments culturels que du génie [27]. » Il s'organise essentiellement autour du projet télégraphique. En définitive, l'évolution technique ne peut suivre qu'une seule voie, elle se fait en épuisant la plupart des possibilités : les inventions sont inévitables.

A cette thèse, qui fut reprise par Gilfillan [28], Abbott Usher oppose l'idée d'un « déterminisme lâche ». « A un moment donné, écrit-il, les choix sont limités par l'environnement géographique et social, mais au-delà d'une certaine période de temps des modifications significatives de l'environnement apparaissent [29]. »

D'autres auteurs, comme Thomas Misa, estiment au contraire que la thèse déterministe n'apparaît que dans des recherches macro-sociales. Dans des études qui adoptent une perspective « micro », la causalité technique s'évanouit. Misa oppose, par exemple, au travail d'Alfred Chandler^[30] sur l'intégration verticale des firmes américaines à la fin du XIX^e siècle, sa propre enquête sur Carnegie Steel. Il reproche à Chandler d'avoir construit un modèle à partir de quelques études de cas et surtout de « déduire les motifs des acteurs de leurs actions plus que de leurs témoignages^[31] ». Misa, qui a travaillé sur les archives de Carnegie, montre au contraire qu'il n'y avait chez lui aucune vision stratégique d'intégration verticale, mais simplement une capacité à saisir des opportunités : « Le défi d'une analyse micro est d'expliquer un résultat paradoxal par un processus non rationnel^[32] ». En définitive, Misa propose aux historiens de « se mouvoir entre les deux niveaux (macro et micro) en faisant attention de ne pas répéter les erreurs méthodologiques précédentes, de ne pas confondre l'émergence à long terme de modèles au niveau macro avec les motivations à court terme des acteurs au niveau micro ». La solution qu'il indique est de « se focaliser sur une analyse méso-sociale, c'est-à-dire d'étudier les institutions et les organisations qui assurent la médiation entre l'individu et l'univers^[33] ».

A la lecture des différents travaux évoqués dans cette section, il apparaît que déterminisme technique et déterminisme culturel, ces deux hypothèses historiques, s'opposent selon une ligne de fracture qui ressemble à celle que nous avions vue chez les économistes entre les partisans du *technological push* et ceux

du *market pull*. Mais comme en économie, les deux thèses ne résistent pas longtemps à la critique. Il faut alors imaginer un déterminisme lâche ou des interactions entre le technique et le social. La conclusion de ces controverses économiques et historiques est qu'il faut dépasser l'approche déterministe, autant pour expliquer la naissance d'une technique que sa diffusion. C'est ce que propose Thomas Hughes. « Un système technique, note-t-il, est à la fois cause et effet, il peut modeler la société et être modelé par elle. Plus les systèmes deviennent importants et complexes, plus ils tendent à modeler la société et moins ils sont modelés par elle ^[34] . » Pour tenir compte de ces deux mouvements contradictoires, Hughes introduit le concept de moment technologique (« moment » est pris ici dans le sens qu'il a en physique). Pour lui, le déterminisme social permet de comprendre la naissance des techniques, le déterminisme technique leur maturité.

Si la notion de moment technologique apparaît plus comme un collage que comme une véritable avancée conceptuelle, elle a au moins l'avantage de nous rappeler une dimension importante de la question du déterminisme, celle des effets d'une nouvelle technique. Cette question mérite d'être examinée successivement dans le champ de la communication et dans celui du travail.

La problématique des effets en sociologie et en histoire de la communication

Melvin De Fleur introduisait ses recherches sur la diffusion des grands médias par cette réflexion : « Alors que la plupart des études sur la communication de masse essaient de démêler les voies d'influence des médias sur la société, je me propose d'étudier la façon dont la société a influencé les médias ^[35] . » En effet, dans la sociologie fonctionnaliste de la communication, les rapports entre médias et société sont toujours conçus en termes d'influence réciproque. Si Melvin De Fleur s'intéresse à l'influence de la société sur les médias, lui-même, dans d'autres travaux, comme la plupart des sociologues fonctionnalistes américains, étudie l'inverse ^[36] .

La question des effets des médias dans le domaine politique a été la plus étudiée. Les premières réflexions partaient d'un schéma très simple selon lequel un public atomisé était soumis individuellement à l'influence de la presse ou de la radio. En 1944, Paul Lazarsfeld montre, dans *The People's Choice*, que les relations interpersonnelles constituent un filtre de l'action des médias ^[37] . De là naîtra la thèse du *two-step flow* qui sera notamment théorisée par Elihu Katz au milieu des années cinquante. Comme nous l'avons vu précédemment, c'est cette thèse que Katz va importer dans la sociologie de la diffusion. En

multipliant les relais d'influence, le *two-step flow* devient en quelque sorte le *multi-step flow*.

La question de l'effet des médias a été abordée d'une autre façon par Marshall McLuhan. Celui-ci ne se soucie plus de l'influence de tel ou tel programme sur le comportement du public, mais il étudie l'effet du média dans sa globalité. Dans son fameux aphorisme « le medium est le message ^[38] », on trouve l'idée que chaque moyen de communication structure les modes de connaissance et, plus largement, les formes d'organisation sociale. Chaque support technique fait appel à nos différents sens de façon spécifique. Ainsi l'écrit et surtout l'imprimé assujettissent-ils nos perceptions au sens de la vision, tandis que l'expression orale entraîne une utilisation simultanée de tous les sens. Alors que la première époque de l'histoire de l'humanité est celle de la tribu et de la tradition orale, l'écrit entraîne une « détribalisation ». L'imprimé accroît « la force individualisante de l'alphabet phonétique bien davantage que ne pourrait jamais le faire la culture du manuscrit. L'imprimerie est la technologie de l'individualisme ^[39] ». Cette « galaxie Gutenberg » va transformer profondément la société car, si l'on en croit McLuhan, « l'imprimé a créé l'économie de marché et son système de prix ^[40] ». Au xx^e siècle, l'ère Marconi est celle de la retribalisation. Si McLuhan défend donc la thèse du déterminisme technique, il ne cherche jamais à démontrer un lien de causalité, mais bien plus à accumuler les citations les plus diverses dans un patchwork qui constitue la meilleure

illustration de cette culture électrique dont il se fera l'un des hérauts.

Le messianisme technologique de McLuhan a toujours été associé à des thèses historiques qui doivent beaucoup aux travaux d'un autre universitaire de Toronto : Harold Innis. Celui-ci s'est intéressé à l'histoire de l'écrit^[41]. Dans une perspective qui rappelle celle de Toynbee, il étudie la constitution et la chute des empires. Selon lui, l'évolution des civilisations est liée à l'histoire des grandes institutions du savoir et à celle des inventions dans le domaine de la communication. Innis associe, par exemple, la diffusion du papyrus au développement de l'Empire romain et au pouvoir bureaucratique. L'invention du parchemin va amener un renforcement du pouvoir religieux et un déplacement des lieux du savoir vers les monastères. Le papier, quant à lui, va accroître le développement du commerce en Italie et dans le nord de l'Europe.

On retrouve, quarante ans après Innis, des thèses assez voisines chez Régis Debray. Pour définir la nouvelle discipline qu'il se propose de fonder, la médiologie, il adopte un point de vue « matiériste ». Analyser les systèmes de pensée requiert à ses yeux d'étudier tout d'abord les supports d'inscription de l'écrit ou de l'image. « Le matériau conditionne l'outil d'inscription ». Et celui-ci « modifie l'esprit du tracé mais aussi les traits de l'esprit d'un temps^[42] ». Le « matérialisme » de Debray l'amène également à s'intéresser au véhicule de la transmission (poste et télécommunications). Le développement de ces instruments

médiatiques doit être associé à des phénomènes sociaux d'une tout autre nature. Debray associe ainsi « l'invention du télégraphe électrique et celle du fait divers », « la télégraphie sans fil et la naissance du grand reportage comme genre littéraire », « le satellite d'observation et l'élosion de l'écologie [43] ». Mais comment fonctionne cette association ? Elle apparaît souvent, comme chez Innis ou McLuhan, comme étant de type déterministe. « Les méthodes et techniques de transmission » sont par exemple présentées comme les « matrices des mentalités [44] ». Le médiologue entend ainsi apporter un éclairage nouveau à l'historien des mentalités, mais également au politologue. En effet, « les déterminations techniques des organes de transmission déterminent plus que les conditions d'exercice de l'hégémonie, son contenu même et l'organisation des luttes pour le pouvoir d'État [45] ». Ainsi en est-il allé des appareils communistes de l'est de l'Europe qui avaient le monopole de l'imprimé et qui n'ont pas pu résister face aux images de l'Ouest qu'aucun mur ne pouvait arrêter.

Le déterminisme de Debray se distingue toutefois de celui de Lefebvre des Noëttes ou de Lynn White. Le médiologue français n'estime pas qu'un nouveau média crée un phénomène social *ex nihilo*, mais plutôt qu'il lui donne une amplification, une résonance particulière. « C'est un fait, écrit-il, que le christianisme comme mouvement de masse et l'usage du codex se répandent simultanément, au IV^e siècle, sans qu'on puisse dire d'ailleurs ce qui, dans ce triomphe, revient à l'un ou à l'autre [46]. » Mais cette simultanéité va transformer la religion et le document écrit. En définitive, « christianisme = saint Jean +

codex. Le codex vulgarise la parole de Dieu, tout en se retrouvant anobli par elle [47] ».

De même, l'imprimerie donnera une audience inattendue aux thèses de Luther. « L'imprimerie mutait le philologue en agitateur et bientôt le chef d'école en chef d'armée. En conférant à la pensée une puissance incomparable de pénétration, l'imprimerie sur papier dotait brusquement les hommes de l'écrit d'une surpuissance sans précédent [48]. » Voici donc l'effet de l'imprimerie. Pour Debray, comme pour McLuhan, le déterminisme des médias revient à donner à ceux qui s'en emparent, et ceci presque à leur insu, la possibilité de constituer une pensée dominante.

A cette mécanique des techniques médiatiques, un historien de l'alphabétisation comme François Furet avait opposé la thèse inverse d'un certain déterminisme culturel. La Réforme qui brise l'autorité des clercs, seule capable de fixer le sens, amène les fidèles à avoir un contact personnel avec la Bible. En définitive, « Luther rend nécessaire ce que Gutenberg a rendu possible : en plaçant l'Écriture au centre de l'eschatologie chrétienne, la Réforme fait d'une invention technique une obligation spirituelle [49] ».

A ces deux thèses du déterminisme technique et du déterminisme culturel on peut opposer la perspective d'Elizabeth Eisenstein. Si elle partage avec McLuhan l'idée que le passage du manuscrit au livre imprimé a bouleversé les modes de connaissance, elle ne fait en aucun cas des

transformations de la communication l'élément déterminant des mutations sociales dans les Temps modernes. Mais c'est principalement par sa méthode qu'elle se sépare des chercheurs de Toronto. Pour elle, il n'y a jamais d'influence directe, mais de multiples interactions qui interviennent de manière très différente selon les circonstances.

Si la plupart des historiens notent le rôle de l'imprimerie dans le développement de la Réforme, néanmoins la rapidité de la diffusion des thèses de Luther reste pour beaucoup d'entre eux un mystère. « Si nous voulons le dissiper, écrit E. Eisenstein, nous devons [...] cheminer plus lentement, pas à pas, en considérant les activités des imprimeurs, des traducteurs et des distributeurs qui opèrent en agents de changement^[50]. » E. Eisenstein s'est particulièrement intéressée aux imprimeurs. Ceux-ci se trouvaient au centre de l'activité intellectuelle, ils structuraient les rencontres entre humanistes de nationalité différente qui étaient en contact avec l'imprimeur, en tant qu'auteurs, traducteurs ou lecteurs.

Mais l'imprimerie constitue également l'un des premiers exemples d'entreprise capitaliste. Elle a aussi des rapports avec les autorités religieuses ou politiques qui patronnent ou censurent la production intellectuelle. L'imprimeur est non seulement un médiateur entre auteur et lecteur mais également l'individu dont l'observation permet l'analyse des multiples interactions entre l'État, l'Église, l'activité économique et le mouvement des idées. Cet intérêt d'Eisenstein pour les imprimeurs n'est pas sans parenté avec les préoccupations

d'une certaine histoire sociale de l'art qui s'intéresse aux mécènes et à leurs conseillers, aux marchands de tableaux, avec la certitude que c'est à travers cette voie qu'on peut interpréter de façon nouvelle les rapports entre l'art et la société [51].

Cette méthode qui nécessite d'accumuler les faits, qui insiste sur la complexité des changements, empêche de résumer la révolution de l'imprimerie en un effet majeur. Les évolutions auxquelles nous assistons à l'époque sont en effet contradictoires. L'imprimerie va permettre à l'Église catholique de standardiser la liturgie, de rigidifier sa doctrine lors de la Contre-Réforme. Mais simultanément, grâce à la lecture de la Bible, les pratiques religieuses des protestants vont s'autonomiser. Prenons un autre exemple, dans un tout autre domaine, celui du vêtement. Grâce à des livres de patrons d'habits, on assiste à une certaine standardisation des costumes. La mode « à l'espagnole » se répandra jusque dans l'empire des Habsbourg. A l'inverse, la conscience de la diversité deviendra plus aiguë. On publiera des ouvrages sur les costumes des différents pays du monde. Mais les gravures vont aussi figer les costumes régionaux et donner naissance à des stéréotypes. Avec l'imprimerie apparaît donc une nouvelle dialectique de la standardisation et de la diversité.

Les réflexions historiques sur la causalité attachent une grande importance à la question de l'antériorité. Un nouveau média ne peut avoir d'influence sur un phénomène social que s'il lui est antérieur ou s'il est simultané. E. Eisenstein montre qu'il existe

des phénomènes d'influence réciproque plus complexes. Elle étudie notamment la question des rapports entre l'invention de l'imprimerie et la Renaissance. Le fait que le renouveau culturel lancé par les lettrés et les artistes italiens démarre à l'époque des scribes ne signifie pas pour autant que l'imprimerie ne jouera aucun rôle dans le développement de la Renaissance. En effet, par deux fois au cours du Moyen Age, à l'époque carolingienne et au XII^e siècle, on a vu apparaître des mouvements culturels identiques qui ne réussirent pas à modifier en profondeur le mouvement de la pensée, faute de pouvoir se diffuser largement dans toutes les disciplines et de pouvoir rassembler l'ensemble des morceaux épars de l'héritage antique. L'imprimerie donnera un nouveau souffle au mouvement initié par Pétrarque et les humanistes.

L'avènement de l'imprimé va non seulement influencer les mouvements culturels et religieux des XV^e et XVI^e siècles, mais également bouleverser les modes de connaissance. Jusqu'à son invention, il n'existe pas, en effet, de cadre spatio-temporel commun aux hommes de savoir. La copie manuelle des cartes empêchait une reproduction fidèle et entraînait de nombreuses altérations. Par ailleurs, il était pratiquement impossible d'enrichir les cartes des remarques et découvertes des voyageurs et des marchands. Seule l'imprimerie permet de constituer un corpus sur lequel s'établit petit à petit un consensus, les éditions nouvelles apportant des améliorations et non des altérations. Le même travail érudit, articulant comparaison et synthèse des travaux des Anciens, puis adjonction d'observations nouvelles, fut nécessaire pour

aboutir à des chronologies historiques précises et faire progresser également l'astronomie, la botanique ou la zoologie.

On le voit donc, l'approche d'E. Eisenstein renouvelle profondément les études sur l'influence des médias. On peut regretter que ce type de problématique n'ait pas été encore appliqué à d'autres médias comme la télévision. Pendant plusieurs décennies, des sociologues des médias de masse se sont demandés si la télévision influençait les élections. Leur réflexion se situait dans un schéma quasi behaviouriste, l'unique question étant de savoir si le comportement du téléspectateur avait été ou non modifié. On se posait, en revanche, peu de questions sur les transformations du fonctionnement de la politique, du rôle du Parlement, à la suite de l'arrivée de la télévision.

La question du déterminisme en sociologie du travail

Les thèses d'Innis ou de McLuhan sur le déterminisme des techniques de communication, comme celles de Lynn White sur les effets de la découverte de l'étrier, ne sont pas sans parenté avec celles que Karl Marx développa sur le travail. Dans *Misère de la philosophie*, il écrit dans le cadre d'une polémique avec Proudhon : « En acquérant de nouvelles forces productives, les hommes changent leur mode de production, et en changeant le

mode de production, la manière de gagner leur vie, ils changent tous leurs rapports sociaux. Le moulin à bras vous donnera la société avec le suzerain ; le moulin à vapeur, la société avec le capitaliste industriel [52]. » Cette phrase, souvent citée, illustre bien la thèse, défendue par la plupart des marxistes, du déterminisme de la technique sur l'organisation du travail. En fait, la position de Marx est moins nette, puisque dans le même texte, quelques pages plus loin, il écrit : « Le moulin à bras suppose une autre vision du travail que le moulin à vapeur [53]. » On ne sait plus alors si c'est la technique qui précède la division du travail ou l'inverse.

Quoi qu'il en soit, cette position de Marx, avec ses ambiguïtés [54], résume assez bien ce que seront un siècle plus tard les positions des sociologues du travail, qu'ils appartiennent ou non aux sphères influencées par le marxisme. Pour les sociologues français de l'après-guerre, c'est bien la technique qui détermine largement l'organisation du travail.

De nombreux travaux empiriques se sont notamment intéressés aux conséquences sociales du progrès technique. L'enquête menée par Serge Moscovici et Georges Barbichon sur l'introduction des haveuses dans les mines de charbon est un bon exemple de cette approche. Les mineurs disposaient d'un savoir-faire spécifique qui leur permettait de contrôler l'activité collective et entraînait une forte cohésion de leur groupe social. La modernisation fera éclater ce cadre en créant une spécialisation selon les machines utilisées. La spécificité du mode de vie des mineurs diminuera, l'emploi baissera, la force

syndicale s'effritera. En définitive, le changement « désintègre l'univers du mineur. Il s'y perçoit comme un “laissé pour compte”, un objet sur lequel on agit ; il est l'agi^[55] ». Bien évidemment, cette mutation ne s'opère pas sans crise ni résistance. Les auteurs proposent alors un certain nombre de mesures pour faciliter le changement. Comme le note Norbert Alter dans un bilan critique de ces travaux, « l'objectif est donc d'adapter les hommes au changement technique et aux contraintes économiques, l'inverse n'étant pas concevable^[56] ».

Ces études empiriques sur les conséquences du changement technique s'inscrivent alors dans la tradition dominante de la sociologie française du travail, qui fait du progrès technique une variable explicative centrale des organisations industrielles. Georges Friedmann considère, par exemple, le progrès technique comme un fait de civilisation qui marque de son empreinte l'ensemble des sociétés contemporaines. L'organisation du travail en découle largement. « L'organisation dichotomique (séparation entre la pensée et l'exécution du travail), note Friedmann, est un des faits essentiels, caractéristiques de la civilisation technicienne. On la retrouve aussi bien dans l'industrie soviétique, brésilienne, japonaise qu'américaine. [...] Taylor a été “dans le sens de l'histoire” pour le meilleur et pour le pire^[57]. » Cette position, n'est d'ailleurs pas seulement celle des sociologues, mais également celle des syndicats ouvriers, lesquels, comme le rappelle Danièle Linhart, « ne se mêlaient pas de l'organisation du travail parce qu'ils ne voyaient pas d'alternative possible, compte tenu de l'impératif, qu'ils partageaient avec les employeurs, d'une augmentation

constante de la productivité, nécessaire à leurs yeux pour apporter à la classe ouvrière le confort auquel elle aspire et a droit [58] ».

Le consensus qui s'est établi entre patronat et syndicats sur le changement technique a également pour conséquence que les deux parties estiment qu'en définitive la division du travail ne peut être modifiée. D'autres sociologues développent une thèse différente, en restant toutefois dans le même paradigme du déterminisme technique. Pour Serge Mallet, l'avènement des nouvelles techniques va entraîner des mutations sociales profondes. Il estime que l'automatisation fait naître une nouvelle classe de techniciens indispensables au fonctionnement des industries de pointe. Ces nouveaux travailleurs développent des formes de revendications spécifiques en matière de contrôle de la gestion de l'entreprise. Ainsi, « les conditions modernes de la production offrent aujourd'hui les possibilités objectives du développement de l'autogestion et de l'économie par ceux qui en portent le poids [59] ».

Si, à chaque grande rupture des outils de production – automatisation dans les années cinquante et soixante, informatique dans les années soixante-dix, bureautique dans les années quatre-vingt –, on s'interroge sur les effets du changement technique, certaines recherches ont toutefois remis en cause ce schéma déterministe [60].

Les études menées en Angleterre après guerre par le Tavistock Institute of Human Relations [61] sur le travail dans les mines infirment les analyses de Moscovici et Barbichon. Les chercheurs anglais montrent que, quand l'occasion leur en est donnée, les mineurs reconstituent, malgré les nouvelles machines automatiques, des formes d'organisation du travail anciennes fondées sur la polyvalence. Ces formes de coopération, qui ne correspondent pas à celles imaginées par les bureaux des méthodes chargés d'introduire la nouvelle technologie, peuvent être plus efficientes économiquement. Si donc plusieurs modes d'organisation peuvent convenir pour exploiter une technique de production déterminée, les conséquences sociales du changement technique ne sont pas fatales. Il y a des degrés de liberté dont ouvriers et spécialistes de l'organisation du travail peuvent s'emparer.

D'autres recherches s'appuyant sur des comparaisons internationales rigoureuses aboutissent à des conclusions similaires. Ainsi Gallie a-t-il étudié [62] des raffineries situées en Grande-Bretagne et en France. Alors que les techniques mises en œuvre sont très comparables, l'organisation du travail, les relations hiérarchiques et professionnelles sont profondément différentes. Il faut donc bien conclure que la technique ne détermine pas l'organisation du travail.

« Il n'existe pas de déterminisme technologique, note Claude Durand, la société utilise la technologie qui lui convient pour des raisons économiques et politiques [63]. » Il précise plus loin : « L'organisation du travail et la technologie qui la légitime

jouent dans la société un rôle intimement lié à la distribution du pouvoir et à l'exercice du contrôle social. [...] L'organisation scientifique du travail est l'alibi de la domination sociale des ouvriers [64]. »

D'autres recherches menées sur l'introduction de l'informatique concluent également à une absence de déterminisme technique. En dépit des discours utopiques des informaticiens sur les effets structurants des ordinateurs dans le traitement et la circulation de l'information, l'informatisation n'a modifié en profondeur ni l'organisation des entreprises, ni le partage du pouvoir. Après avoir étudié le travail des informaticiens, Colette Hoffsaes conclut : « Devant l'incapacité à connaître les lois de fonctionnement des organisations, on répète le passé [...]. Les informaticiens ont un projet de changement ; or ils ne sont pas en mesure de modifier les finalités qui sont connues et incarnées par les opérationnels, mais ils vont les aider à faire mieux ce qu'ils faisaient déjà ; ils interviennent donc au niveau des processus dont ils ont tendance à accroître la stabilité [65]. »

On trouve également dans le travail de Catherine Ballé et Jean-Louis Peaucelle [66] l'idée que l'informatique n'introduit pas de transformation dans l'entreprise mais reproduit l'ordre établi. Les informaticiens possèdent en effet une culture technique très structurée qui ne peut ni être changée ni être un agent de changement.

En définitive, quels que soient la forme et le contenu des techniques, l'organisation se reproduit toujours à l'identique. A cette sociologie de la reproduction, Norbert Alter oppose une sociologie de la transformation. « Le changement technique introduit des contradictions, des innovations ou des effets inattendus dans la société ou l'entreprise^[67]. » Dans son étude sur la télématique, il montre qu'il n'y a pas une seule solution organisationnelle adaptée à cette nouvelle technique, mais plusieurs. Et c'est par des tentatives successives qu'on va trouver la bonne voie. En définitive, « le déterminisme technique n'intervient qu'au second degré, comme produit des interactions et non comme facteur premier^[68] ».

Que les organisations se reproduisent sans changement notable, asservissant en quelque sorte la technique à leur logique propre, ou qu'au contraire les organisations laissent en leur sein quelques espaces de liberté qui permettent l'émergence de nouvelles solutions organisationnelles prenant appui sur les nouvelles technologies, dans un cas comme dans l'autre, la technique devient sinon déterminée, au moins dépendante de l'organisation.

Ainsi un nouveau paradigme s'est-il substitué à l'ancien modèle du déterminisme technique. Cette nouvelle position sur les rapports entre technique et société rassemble néanmoins des partisans beaucoup plus divers que l'ancienne. On y trouve aussi bien des auteurs qui estiment que la technique ne change rien à l'organisation du travail, considérant qu'une même technique peut être mise en place avec différents cadres

organisationnels, que des chercheurs qui voient les machines comme un dispositif de matérialisation des rapports sociaux, une façon d'imposer une forme au travail humain. Toutefois, l'ancien et le nouveau paradigmes restent dans la même perspective, celle d'une technique qui est déjà là. Dans un cas comme dans l'autre, on ne s'intéresse guère à la genèse de la technique, à la façon dont elle est devenue technique de référence.

Si l'on veut sortir d'une sociologie des effets, il faut essayer d'intégrer dans une même analyse la genèse d'une technique de production et son utilisation dans l'atelier.

La recherche historique de David Noble sur les machines-outils à commande numérique s'inscrit bien dans cette perspective. « Dans une approche de déterminisme technologique, écrit-il, le problème est simple, la commande numérique conduit à la concentration industrielle, et à un plus grand contrôle managérial sur le processus de production. Le sociologue ayant identifié la cause, il lui reste simplement à décrire les effets inévitables. Dans une perspective critique, il apparaît que cette nouvelle technologie a été développée selon les orientation des directions des grandes entreprises métallurgiques [...]. Pourquoi cette technologie a-t-elle pris la forme qu'elle a prise, une forme qui n'était d'ailleurs accessible qu'à quelques grandes entreprises ? Y a-t-il d'autres moyens d'automatiser ces machines, avec, par exemple, une technologie qui donnerait moins prise au contrôle managérial [69] ? »

Pour répondre à ces questions, Noble ne va pas étudier, comme le sociologue du travail, l'entreprise utilisatrice des nouveaux dispositifs de production, il va s'intéresser à la conception de ces machines. Après guerre, aux États-Unis, deux voies parallèles ont été explorées : celle de machines automatiques analogiques et celle des machines à commande numérique. Les premières enregistraient le tracé d'une pièce effectuée par un opérateur humain, puis pouvaient exécuter la fabrication des pièces suivantes automatiquement. Au contraire, la machine numérique n'avait pas besoin de mémoriser un savoir-faire humain ; elle était complètement automatique mais nécessitait au préalable un complexe travail de programmation.

Les machines à commande numérique bénéficièrent d'un important appui de l'armée de l'air américaine. Non seulement celle-ci finança le MIT pour le développement, mais elle incita vivement ses fournisseurs à s'équiper de telles machines, leur apportant des aides pécuniaires et matérielles. Toutefois, les subventions publiques ne peuvent à elles seules expliquer le succès des machines-outils à commande numérique, dont la mise au point fut plus longue et complexe que celle des machines analogiques. Pour Noble, il convient plutôt de regarder en quoi la machine numérique est en harmonie avec les représentations des concepteurs et des dirigeants d'entreprise susceptibles de l'adopter : « Ces machines étaient beaucoup plus qu'une technique pour découper le métal et spécialement aux yeux de leurs concepteurs du MIT qui ne connaissaient pas grand-chose au travail métallurgique : c'était le symbole de l'âge informatique, de l'élégance mathématique,

du pouvoir, de l'ordre de l'usine automatique en matière de flux continu et de contrôle. De l'autre côté, la solution analogique [...] apparaissait comme un vestige de l'habileté humaine traditionnelle [70]. »

Pour les dirigeants d'entreprise et les ingénieurs de fabrication, l'automatisme permet de ne plus se fier au jugement humain qui peut déboucher sur l'erreur humaine. Or « l'élimination de l'erreur humaine et de l'incertitude est l'expression technique de la tentative du capital de diminuer sa dépendance vis-à-vis de sa main-d'œuvre en accroissant son contrôle sur la production [71] ».

« Les défauts du système analogique, conclut Noble, étaient conceptuels non pas techniques. Ce système ne répondait pas à la demande des grandes entreprises d'un contrôle de la production par la direction [72]. » Les machines à commande numérique permettaient ce contrôle, tandis que, dans le système analogique, le contrôle était effectué par l'ouvrier qui pilotait la machine.

La monographie de Noble lui permet de répondre à la question sur le déterminisme technique évoquée plus haut : « Si les machines à commande numérique semblent avoir conduit à des changements organisationnels dans les usines, avec notamment un renforcement du contrôle de la direction sur la production, c'est parce que la technique a été choisie en bonne partie pour cet objectif [73]. » Mais la réponse de Noble – ce sont les rapports sociaux qui déterminent les techniques – paraît

réductrice par rapport à la richesse de son enquête. Les machines-outils à commande numérique ne se développent pas seulement parce qu'elles répondent à la demande des entreprises, mais aussi parce qu'elles correspondent aux représentations technologiques dominantes de l'époque, parce que les militaires mettent leur poids et leurs crédits dans la balance, parce que les techniques informatiques sont disponibles, etc. Si donc l'hypothèse d'une technique déterminée par les rapports sociaux ne paraît pas plus satisfaisante que celle du déterminisme technique présentée plus haut, Noble apporte néanmoins une contribution importante à l'étude des techniques de production : la nécessité d'étudier simultanément la conception et la mise en place de ces nouveaux outils.

Michel Freyssenet a élaboré une problématique qui a beaucoup de points communs avec celle de Noble. En conclusion d'une étude sur l'automatisation, il écrit : « Les techniques productives sont conditionnées sociologiquement, économiquement, culturellement dans leur développement et leur diffusion [...]. Ces techniques sont aussi “construites” et “constituées” socialement par les objectifs, les principes, les représentations, les présupposés économiques et sociaux qui sont à leur origine et qui eux-mêmes plongent leurs racines dans le rapport salarié et dans la division de l'intelligence du travail qui lui est liée depuis deux siècles [...]. Les techniques productives sont socialement déterminantes, parce qu'elles sont socialement déterminées [74]. » Dans ce jeu de déterminations réciproques, faut-il aller chercher un grand cadre sociétal

englobant, le mode de production capitaliste cher à l'analyse marxiste, ou faut-il au contraire, comme le laisse entendre Freyssenet dans une autre partie de son texte, adopter le point de vue de l'anthropologue qui « appréhende les techniques productives pour ce qu'elles sont, c'est-à-dire comme des “produits sociaux”^[75] ». Cette perspective, Freyssenet l'a adoptée en étudiant les « systèmes experts » de diagnostic de pannes. Il a étudié les différentes options techniques, les débats entre concepteurs et utilisateurs potentiels, les représentations de ces différents acteurs^[76].

Les systèmes experts étudiés avaient, à l'origine, été conçus comme outils de formation et de transmission de savoirs pour des ouvriers qui étaient confrontés à de nouvelles machines. En réalité, ces dispositifs ont servi essentiellement pour détecter les pannes. Mais ces outils, qui devaient permettre de requalifier des ouvriers de maintenance, ont en fait été utilisés couramment par des ouvriers peu qualifiés, sans que cet usage fasse progresser leur niveau de qualification. Ainsi, il ne suffit pas d'analyser les intentions des concepteurs pour comprendre le développement d'une technique, car celui-ci, comme dans le cas des systèmes experts, ne correspond pas toujours au projet initial. C'est cet écart qu'il convient justement d'expliquer.

Dans le système explicatif de Freyssenet, c'est sans doute son étude de la culture des ingénieurs de conception qui est la plus originale. « Elle se manifeste tout d'abord par la conviction que la solution technique est toujours plus efficace et plus définitive que toute autre solution (organisationnelle, sociale,

gestionnaire) pour éléver rapidement la productivité ou pour résoudre un problème organisationnel ou social. La technique est vue ensuite comme l'application à un domaine utilitaire des lois scientifiques. Il ne peut donc y avoir qu'une seule bonne solution technique, celle qui applique correctement ces lois et qui dès lors s'impose avec la force de la vérité. L'idée de plusieurs techniques possibles et valables en fonction des objectifs poursuivis [...] est dans cette culture difficilement acceptable.

« La vision d'une science établissant les lois de la nature qui la régiraient mécaniquement donne naissance à un idéal de la perfection technique évacuant l'aléa et l'incertitude. Plus un système est "bouclé", plus il réduit l'intervention humaine, plus il est censé être performant et parfait. L'ingénieur se doit donc de tout prévoir, [...] il ne peut laisser à l'appréciation suspecte et inconstante de l'utilisateur le bon fonctionnement des machines qu'il conçoit ^[77] . »

C'est donc en étudiant les projets des concepteurs à la lumière de leurs systèmes de représentations et de celui des utilisateurs que Freyssenet réussit à expliquer le développement d'une technique de fabrication, de sa conception à son usage.

C'est justement cette articulation entre la technologie et l'usage qu'étudie Eric Alsène ^[78]. Il estime que les concepteurs, à la suite de choix implicites et explicites, définissent un « design organisationnel » ou plus exactement un « champ de design » dont il est très difficile de franchir les limites. A l'occasion de

l'introduction de la nouvelle technique dans un site de production, les responsables de l'entreprise peuvent effectuer un « redesign organisationnel ». Celui-ci n'est pas seulement une adaptation spécifique du modèle organisationnel à une entreprise particulière, mais également une modification organisationnelle autonome par rapport à la technique. L'entreprise utilise l'occasion que lui donne l'arrivée d'une nouvelle technologie pour mettre en place d'autres réorganisations. Design et redesign organisationnels constituent donc les terrains sur lesquels technique et organisation peuvent s'harmoniser d'abord dans la phase de conception, puis dans celle de l'usage. Alsène produit ainsi une théorie des rapports entre technique et organisation qui essaie de dépasser l'opposition entre déterminisme technique et déterminisme organisationnel.

De leur côté, Jean-Jacques Chanaron et Jacques Perrin réexaminent la relation technique/organisation en faisant intervenir un troisième facteur, la science, qui déterminerait simultanément les techniques et l'organisation du travail. Ils reviennent sur la naissance du taylorisme et montrent que Taylor veut construire un système scientifique qui « repose sur l'étude des mouvements puis sur celle des temps [79] ». Et ils citent Siegfried Giedion, pour lequel « c'est la décomposition du mouvement qui est au cœur du paradigme de la mécanisation ». Selon lui, la mécanisation commence avec les études de mouvements d'êtres vivants – marche et course à pied, vol d'oiseau – et « prend son véritable essor avec la mécanisation de la production qui équivaut à diviser le travail

humain en autant d'opérations qu'il en comporte [80] ». Il y a donc bien une filiation mécanicienne dans les théories de Taylor. « L'organisation scientifique du travail serait ainsi le produit de la mécanique et la condition de sa diffusion. C'est dire, en d'autres termes, qu'il y aurait relation bi-univoque entre mode d'organisation du travail et discipline scientifique dominante (à une époque et pour un espace donné) [81]. » Le caractère scientifique du taylorisme est encore renforcé par le fait que, comme le note Michèle Perrot, il « mobilise, voire engendre, toutes les sciences dites humaines [82] ».

Trois quarts de siècle après Taylor, de nouvelles formes d'organisation du travail apparaissent. Une nouvelle science, l'informatique, est devenue dominante. Une autre organisation du travail, souvent qualifiée de post-taylorisme, s'inscrit dans un mode de pensée informatique et assure, par le fait même, la diffusion de cette technique. Les différents systèmes de fabrication ou de gestion assistés par ordinateur constituent le nouveau management scientifique. Les règles n'y sont plus fixées par le bureau des méthodes, « mais elles sont intégrées dans les logiciels. Elles apparaissent comme objectivées en contrainte technique dans les logiciels [83] ».

Ainsi la mécanique, comme l'informatique sont non seulement au centre des dispositifs de production, respectivement au xix^e et au xx^e siècle, mais façonnent les systèmes d'organisation du travail. La science serait en quelque sorte le médiateur dans les rapports entre la technique et l'organisation du travail.

L'idée d'une médiatisation des rapports entre technique et organisation par un tiers facteur est également au centre de la recherche de Dominique Monjardet. Comme de nombreux autres sociologues, il constate qu'une même technique peut être développée dans des cadres organisationnels différents. Selon lui, l'élément explicatif est à chercher du côté des caractéristiques du marché. Dans une situation de marché stable (en croissance continue et régulière), captif (sans substitut) et monopolistique, « les responsables de la fabrication contrôlent la technologie de façon à imposer et justifier une organisation interne de l'entreprise qui assure leur autonomie vis-à-vis du siège social et leur prééminence à l'intérieur de l'établissement ^[84] ». On est alors dans un mode d'organisation qui valorise le savoir-faire professionnel et sait gérer les aléas de la production technique. Au contraire, dans une situation où le marché est instable, la concurrence forte, il ne s'agit plus de vendre ce qu'on produit, mais de produire ce que la clientèle demande. Il convient de supprimer les aléas de la production, d'automatiser au maximum. « Le fabricant dont tous les éléments de la tâche sont prédéterminés sans qu'il ait son mot à dire est réduit à un rôle de surveillance [...] la qualification technique du poste est réduite au minimum ^[85] . »

Monjardet en conclut que « A et B, la technologie et l'organisation, ont toutes deux le même statut : celui des moyens disponibles en vue de la réalisation d'une intention économique sur un marché : C. On ne peut de ce fait concevoir une relation entre A et B indépendamment de C. On en déduira

que tout paradigme ne concernant que les relations entre technologie et organisation est nécessairement faux [86]. »

Au terme de ce parcours parmi les réflexions des sociologues du travail, il apparaît qu'on ne peut retenir ni l'hypothèse du déterminisme technique ni celle du déterminisme organisationnel. Pour penser les articulations complexes qui lient la technique et l'organisation du travail, il convient d'étudier les différentes médiations qui peuvent articuler ces deux sphères mais également, dans la tradition de recherche de Noble et de Freyssenet, d'étudier la technique de sa conception à son utilisation.

Les réflexions des économistes ou des sociologues sur l'origine de l'innovation, celles des spécialistes de la communication ou des sociologues du travail sur les effets des techniques épousent, comme nous l'avons vu tout au long de ce chapitre, très largement un schéma causal. Si, en économie, l'idée d'une détermination par l'offre ou par la demande constitue le modèle essentiel, dans les autres disciplines, on a petit à petit évolué d'une causalité directe à une causalité indirecte, à des effets de contexte. Bloch ne se contente pas de retourner le schéma de Lefebvre des Noëttes, mais il en affaiblit le principe causal. La fin de l'esclavage ne crée pas le moulin, mais l'amène à se développer. De même, pour Alsène, la technique ne détermine plus une seule organisation du travail, mais un « champ de design organisationnel ». Nous retrouvons ainsi le modèle du « déterminisme lâche » proposé par Usher.

Causalité directe ou effet de contexte, dans les différentes disciplines que nous avons envisagées, des controverses sont systématiquement apparues entre les tenants du déterminisme technique et ceux du déterminisme social. En économie, la théorie dominante de la détermination par la demande a été critiquée. En histoire, le courant des Annales a contesté le déterminisme technique des travaux précédents. En sociologie du travail également, le déterminisme technique des fondateurs de la discipline a été remis en cause par la génération suivante de chercheurs. Aucune de ces controverses n'a été définitivement tranchée. Pour tenir l'objectif que je me suis fixé – étudier l'innovation dans ses deux composantes technique et sociale –, il me faut abandonner le modèle déterministe, rigide ou lâche, et choisir d'étudier les interactions permanentes entre technique et société.

Comme le note Cornelius Castoriadis, « au-delà de toute querelle sur la question de la causalité dans le domaine socio-historique, un *prerequisite* essentiel de toute idée de la détermination n'est pas ici rempli : la séparation des termes déterminants et déterminés. Il faudrait d'abord pouvoir isoler le "fait technique" d'une part, tel autre fait de la vie sociale d'autre part, et les définir de manière univoque ; il faudrait ensuite pouvoir établir des relations bi-univoques entre les éléments de la première classe et ceux de la seconde ^[87] ».

Si l'on abandonne donc la question de la causalité pour effectuer des études socio-techniques, on peut le faire dans la durée, comme l'a fort bien montré Bloch à propos du moulin.

Les chapitres 5 et 6 seront consacrés à cette question. Il convient également d'analyser, comme l'a fait E. Eisenstein, la chaîne des médiations entre technique et société, de s'intéresser, comme l'a proposé Noble, aussi bien à la technique en train de se faire qu'à la technique déjà faite. C'est par cette analyse fine des interactions qui apparaissent quand une technique est encore en voie d'émergence que nous poursuivrons notre étude.

Notes du chapitre

[1] ↑ J. M. UTTERBACK, « Innovation in Industry and the Diffusion of Technology », *Science*, 15 février 1974.

[2] ↑ David MOWERY et Nathan ROSENBERG, « The Influence of Market Demand upon Innovation : a Critical Review of some Recent Empirical Studies », *Research Policy*, n° 8, 1979, North Holland, Amsterdam, p. 102-153.

[3] ↑ Sur cette question, on pourra également lire François CARON, *Le Résistible Déclin des sociétés industrielles*, Librairie académique Perrin, Paris, 1985, chapitre 4.

[4] ↑ Giovanni DOSI, « Technological Paradigms and Technological Trajectories : a Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change », *Research Policy*, 3 juin 1982, p. 149.

[5] ↑ Jacob SCHMOOKLER, *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1966.

[6] ↑ Michel ZITT, « Filiations techniques et genèse de l'innovation », *Technique et culture*, n° 10, 1987, Maison des sciences de l'homme, Paris, p. 28.

[7] ↑ Voir Christopher FREEMAN, *The Economics of Industrial Innovation*, France Pinter, Londres, 1982.

[8] ↑ Nathan ROSENBERG, « How Exogenous is Science ? », in Nathan ROSENBERG (ed.), *Inside the Black Box, Technology and Economics*, op. cit., p. 155. Traduction française

in Réseaux, n° 55, CNET, 1992, p. 209-226.

[9] ↑ Edward CONSTANT, « Un changement de paradigme technologique, l'exemple de la révolution du turbo-réacteur », *Culture technique*, n° 10, juin 1983, CRCT, Neuilly, p. 134-135.

[10] ↑ Richard BARRAS, « Towards a Theory of Innovation in Services », *Research Policy*, n° 15, 1986, North Holland, Amsterdam, p. 163.

[11] ↑ Gerhard MENSCH, « La technique en crise », *Culture technique*, n° 18, 1988, CRCT, Neuilly, p. 73.

[12] ↑ Franco MALERBA, « Demand Structure and Technological Change : the Case of European Semi-Conductor Industry », *Research Policy*, n° 14, 1985, North Holland, Amsterdam, p. 283-297.

[13] ↑ Christopher FREEMAN, « A quoi tiennent la réussite ou l'échec des innovations dans l'industrie ? », *Culture technique*, n° 18, 1988, CRCT, Neuilly, p. 30.

[14] ↑ ID., *The Economics of Industrial Innovation*, op. cit., p. 109-115.

[15] ↑ Lynn WHITE, *Medieval Technology and Social Change*, Clarendon Press, Oxford, 1962, p. 38 (traduction française, Mouton, La Haye, 1969).

[16] ↑ *Ibid.*, p. 2.

[17] ↑ *Ibid.*, p. 28.

[18] ↑ Richard LEFEBVRE DES NOËTTES, *L'Attelage et le Cheval de selle à travers les âges*, Picard, Paris, 1931.

[19] ↑ Marc BLOCH, « Les inventions médiévales », *Les Annales d'histoire économique et sociale*, n° 36, 1935, repris in *Mélanges historiques*, Sevpen, Paris, 1963, t. II, p. 829.

[20] ↑ *Ibid.*, p. 831.

[21] ↑ ID., « Avènement et conquêtes du moulin à eau », *Les Annales d'histoire économique et sociale*, n° 36, 1935, p. 538-563.

[22] ↑ ID., « Technique et évolution sociale : réflexions d'un historien », *Europe*, 1938, repris in *Mélanges historiques*, op. cit., p. 837.

[23] ↑ Marc BLOCH, « Technique et évolution sociale... », op. cit., p. 838.

[24] ↑ Fernand BRAUDEL, *Civilisation matérielle, économie et capitalisme*, t. I, *Les Structures du quotidien*, Armand Colin, Paris, 1979, p. 378.

[25] ↑ Robert L. HEILBRONER, « Do Machines Make History ? » (première publication, 1967), in Merritt Roe SMITH et Leo MARX (eds), *Does Technology Drive History ? The Dilemma of Technological Determinism*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1994, Cf. biblio p. 241, p. 55.

[26] ↑ William OGBURN et Dorothy THOMAS, « Are Inventions Inevitable ? A Note on Social Evolution », *Political Science Quarterly*, 1922, p. 83-98.

[27] ↑ *Ibid.*, p. 88.

[28] ↑ S. Colum GILFILLAN, *Sociology of Invention*, Follett, Chicago, 1935.

[29] ↑ Abbott P. USHER, *A History of Mechanical Inventions*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1954 (première édition, 1929), p. 67.

[30] ↑ Alfred CHANDLER, *Scale and Scope : The Dynamics of Industrial Capitalism*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1990.

[31] ↑ Thomas J. MISA, « Retrieving Sociotechnical Change from Technological Determinism », in Merritt Roe SMITH et Leo MARX (eds), *op. cit.*, p. 129.

[32] ↑ Thomas J. MISA, *op. cit.*, p. 137.

[33] ↑ *Ibid.*, p. 140.

[34] ↑ Thomas HUGHES, « Technological Momentum », in Merritt Roe SMITH et Leo MARX (eds), *op. cit.*, p. 112.

[35] ↑ Melvin DE FLEUR, « Mass Communication and Social Change » (première publication, 1966), repris dans Jeremy TUNSTALL, *Media Sociology*, *op. cit.*, p. 59.

[36] ↑ Pour une analyse critique du paradigme des effets en sociologie de la communication, voir Paul BEAUD, *La Société de connivence*, Aubier, Paris, 1984, p. 71-99.

[37] ↑ Paul LAZARSFELD, Bernard BERELSON et Hazel GAUDET, *The People's Choice*, Columbia University Press, New York, 1944.

[38] ↑ Marshall McLUHAN, *Pour comprendre les media*, Mame/Seuil, Paris, 1968.

[39] ↑ Id., *La Galaxie Gutenberg. Face à l'ère électronique, les civilisations de l'âge oral à l'imprimerie*, Mame/Seuil, Paris, 1972, p. 193.

- [40] ↑ *Ibid.*, p. 199.
- [41] ↑ Harold INNIS, *The Bias of Communication*, University of Toronto Press, 1951.
- [42] ↑ Régis DEBRAY, *Cours de médiologie générale*, Gallimard, Paris, 1991, p. 196. Cette idée avait également été développée par Pierre LÉVY dans *La Machine univers*, La Découverte, Paris, 1987.
- [43] ↑ *Ibid.*, p. 35.
- [44] ↑ *Ibid.*, p. 52.
- [45] ↑ *Ibid.*, p. 301.
- [46] ↑ Régis DEBRAY, *op. cit.*, p. 131.
- [47] ↑ *Ibid.*, p. 132.
- [48] ↑ *Ibid.*, p. 202.
- [49] ↑ François FURET et Jacques OZOUF, *Lire et écrire. L'alphabétisation des Français de Calvin à Jules Ferry*, Éditions de Minuit, Paris, 1977, t. I, p. 71.
- [50] ↑ Elizabeth L. EISENSTEIN, *La Révolution de l'imprimé à l'aube de l'Europe moderne*, La Découverte, Paris, 1991, p. 186.
- [51] ↑ Voir Jean-Paul SIMON, « Médiations et histoire sociale de l'art », *Réseaux*, n° 66, CNET, Paris, 1993, p. 39-60.
- [52] ↑ Karl MARX, *Misère de la philosophie*, in *Œuvres*, t. I, Gallimard, « La Pléiade », Paris, 1965, p. 79.
- [53] ↑ Karl MARX, *op. cit.*, p. 99.
- [54] ↑ Pour une analyse précise de la position de Marx sur le déterminisme technologique, on pourra se reporter à Nathan ROSENBERG, « Marx as a Student of Technology », in *Inside the Black Box*, *op. cit.*, 1982, p. 34-51 ; et Jean-Jacques SALOMON, *Le Destin technologique*, Folio/Gallimard, Paris, 1994, p. 93-99.
- [55] ↑ Georges BARBICHON et Serge MOSCOVICI, « Modernisation des mines, conversion des mineurs », *Revue française du travail*, juillet-septembre, 1962, p. 189.
- [56] ↑ Norbert ALTER, *L'Effet organisationnel de l'innovation technologique : le cas de la télématique*, thèse de doctorat de troisième cycle de sociologie, Institut d'études politiques de Paris, 1983, p. 67.

[57] ↑ Georges FRIEDMANN, *Sept Études sur l'homme et la technique*, Denoël/Gonthier, Paris, 1966, p. 189-190. Voir également Marc MAURICE, « Le déterminisme technologique dans la sociologie du travail (1955-1980). Un changement de paradigme ? », *Sociologie du travail*, n° 1, 1980, p. 22-37.

[58] ↑ Danièle LINHART, *Le Torticolis de l'autruche. L'éternelle modernisation des entreprises françaises*, Le Seuil, Paris, 1991, p. 26.

[59] ↑ Serge MALLET, *La Nouvelle classe ouvrière*, Le Seuil, Paris, 1969 (première édition, 1963), p. 43.

[60] ↑ Notons toutefois que les sociologues du travail français de cette époque ont dans certains textes des positions plus ouvertes. Ainsi Pierre Naville distingue-t-il les machines de production qui renforcent une organisation rigide et éclatée du travail et les machines de consommation qui permettent à leurs usagers d'inventer de nouveaux modes d'utilisation, qui leur laissent une plus grande liberté d'action (Pierre NAVILLE, « Vers l'automatisme social », *Revue française de science politique*, vol. 24, n° 1, février 1974).

[61] ↑ On trouvera dans le livre d'Olivier ORTMANN, *Changer le travail, les expériences, les méthodes, les conditions de l'expérimentation sociale*, Dunod, Paris, 1978, une bonne synthèse des travaux du Tavistock Institute.

[62] ↑ D. GALLIE, *In Search of the New Working Class*, Cambridge University Press, Cambridge (Mass.), 1978.

[63] ↑ Claude DURAND, *Le Travail enchaîné. Organisation du travail et domination sociale*, Le Seuil, Paris, 1978, p. 172.

[64] ↑ *Ibid.*, p. 179.

[65] ↑ Colette HOFFSAES, « L'informatique dans l'organisation : changement ou stabilité ? », *Sociologie du travail*, n° 3, 1978, p. 307.

[66] ↑ Catherine BALLÉ et Jean-Louis PEAUCELLE, *Le Pouvoir informatique dans l'entreprise*, Les Éditions d'organisation, Paris, 1972.

[67] ↑ Norbert ALTER, *op. cit.*, p. 99.

[68] ↑ *Ibid.*, p. 102.

[69] ↑ David NOBLE, « Social Choice in Machine Design : the Case of Automatically Controlled Machine Tools », in Donald MACKENZIE et Judy WAJCMAN (eds), *The Social Shaping of Technology*, Milton Keynes, Open University Press, 1985, p. 109-110. Voir

également David NOBLE, *Forces of Production. A Social History of Industrial Automation*, Alfred Knopf, New York, 1984.

[70] ↑ David NOBLE, *op. cit.*, p. 116.

[71] ↑ *Ibid.*, p. 116

[72] ↑ *Ibid.*, p. 118.

[73] ↑ *Ibid.*, p. 120.

[74] ↑ Michel FREYSSENET, « Processus et formes sociales d'automatisation. Le paradigme sociologique », *Sociologie du travail*, n° 4, 1992, p. 494.

[75] ↑ *Ibid.*, p. 470.

[76] ↑ Michel FREYSSENET, *Les techniques productives sont-elles prescriptives ? L'exemple des systèmes experts en entreprise*, Cahiers du GIP Mutations industrielles, Paris, 1990.

[77] ↑ Michel FREYSSENET, *Les Formes sociales d'automatisation*, Cahiers du GIP Mutations industrielles, Paris, 1990, p. 11-12.

[78] ↑ Eric ALSÈNE, « Les impacts de la technologie sur l'organisation », *Sociologie du travail*, n° 3, 1990, p. 321-337.

[79] ↑ Jean-Jacques CHANARON et Jacques PERRIN, « Science, technologie et modes d'organisation du travail », *Sociologie du travail*, n° 1, 1986, p. 28.

[80] ↑ Siegfried GIEDION, *La Mécanisation au pouvoir*, Centre Pompidou/Centre de création industrielle, Denoël / Gonthier, Paris, t. I, 1983, p. 306.

[81] ↑ Jean-Jacques CHANARON et Jacques PERRIN, *art. cité*, p. 28.

[82] ↑ Michelle PERROT, « Les problèmes de main-d'œuvre industrielle », in Maurice DAUMAS (éd.), *Histoire générale des techniques*, t. V, PUF, Paris, 1979, p. 495.

[83] ↑ Jean-Jacques CHANARON et Jacques PERRIN, *art. cité*, p. 39.

[84] ↑ Dominique MONJARDET, « Organisation, technologie et marché de l'entreprise industrielle », *Sociologie du travail*, n° 1, 1980, p. 88.

[85] ↑ *Ibid.*, p. 90.

[86] ↑ *Ibid.*, p. 91.

[87] ↑ Cornelius CASTORIADIS, article « Technique », *Encyclopaedia Universalis*, *op. cit.*, p. 126.

II. Une approche socio-technique

3. L'anthropologie de la technique. Penser ensemble le technique et le social

Quand historiens et sociologues veulent construire une approche globale de la technique mettant en lumière ses multiples interactions avec le social, ils se réclament souvent de l'anthropologie. Les spécialistes de cette discipline savent depuis Marcel Mauss qu'il faut considérer la technique comme un phénomène social total. Ils observent qu'elle peut prendre des caractéristiques spécifiques selon la culture propre de telle ou telle ethnie. Ils notent également que l'activité technique doit être reliée aux activités rituelles et magiques avec lesquelles elle se confond souvent. Dans ce chapitre, je me propose donc de présenter la façon dont les anthropologues ont étudié la technique, puis de faire une lecture approfondie des nouvelles approches sociologiques qui se réclament de l'anthropologie soit dans le monde anglo-saxon, soit en France. Je ferai une lecture plus complète de l'école française dans la mesure où elle propose un système d'analyse très fouillé des sciences et des techniques.

La technologie culturelle

L'ethnologie française s'est particulièrement intéressée à l'activité matérielle des populations qu'elle étudiait. Elle a tenté de définir cette recherche en l'appelant « technologie culturelle ^[1] ». Elle spécifiait, par ce terme, son projet par rapport à celui d'autres chercheurs que j'ai présentés précédemment, et qui souhaitaient bâtir une simple « technologie ». André Leroi-Gourhan, qui fut le principal représentant de cette école, écrivait : « La continuité entre les deux faces (technique et sociale) de l'existence des groupes [humains] a été exprimée avec pénétration par les meilleurs sociologues, mais plutôt comme un déversement du social dans le matériel que comme un courant à double sens dont l'impulsion profonde est celle du matériel. De sorte qu'on connaît mieux les échanges de prestige que les échanges quotidiens, les prestations rituelles que les services banaux, la circulation des monnaies dotales que celle des légumes, beaucoup mieux la pensée des sociétés que leur corps ^[2] . »

La question du corps est en effet centrale dans l'approche de la « technologie culturelle ». Déjà Marcel Mauss accordait une grande importance aux techniques du corps, aux postures de la vie quotidienne ^[3] . Leroi-Gourhan ne s'intéresse pas seulement à la vie matérielle des sociétés, mais lie la technique au corps. Il note par exemple qu'on ne peut pas étudier les sièges sans étudier les manières de s'asseoir, de se reposer ^[4] . Il s'intéresse également au rapport de l'outil et du geste : « L'outil n'existe que dans un cycle opératoire. Il en est un bon témoin car il en porte généralement des traces significatives, mais au même titre qu'un squelette de cheval porte l'empreinte de l'être

herbivore à course rapide dont il a été un jour la charpente [...]. L'outil n'est réellement que dans le geste qui le rend techniquement efficace [5]. »

Cette articulation de l'outil et du corps, Leroi-Gourhan, qui fut également archéologue, l'inscrit alors dans une véritable paléontologie du geste technique. « L'Australanthrope, écrit-il, paraît bien avoir possédé ses outils comme des griffes. Il semble les avoir acquis non pas par une sorte d'éclair génial qui lui aurait fait un jour saisir un caillou coupant pour armer son poing, mais comme si son cerveau et son corps les exsudaient progressivement [6]. » En effet, il estime que rien ne marque dans le geste la rupture définitive entre la dent et l'ongle du primate, d'une part, et l'outil des anthropiens les plus anciens, de l'autre. Il y a donc une évolution biologique : « L'action manipulatrice des primates, dans laquelle geste et outil se confondent, est suivie avec les premiers anthropiens par celle de la main en motricité directe où l'outil manuel est devenu séparable du geste moteur [7]. »

La réflexion de Leroi-Gourhan sur le geste et l'outil s'intègre dans sa vision de la technique. Celle-ci est un processus, une suite d'opérations. Dans d'autres travaux [8], Leroi-Gourhan insiste beaucoup sur l'étude de la chaîne opératoire. Il s'agit aussi bien de décrire la suite des gestes techniques nécessités par un processus de fabrication que les différentes étapes du cycle agricole ou de la transformation d'un matériau depuis la matière première jusqu'au produit fini. Un autre concept joue également un rôle important dans *L'Homme et la Matière*, celui

d'ensemble technique. On peut caractériser ainsi plusieurs groupes techniques qui font appel au même principe mécanique ou physique. « Par exemple, quand on a le principe de la roue, on peut aussi avoir le char, le tour du potier, le rouet, le tour à bois [...]. Quand on sait conduire l'air comprimé, on peut avoir la sarbacane, le briquet à piston, la seringue [9]. » Ce concept permet donc d'analyser l'interaction entre les modes de pensée et les faits techniques. Plus largement, Leroi-Gourhan estime que la technique naît de l'interaction entre ce qu'il appelle le milieu intérieur, et que les ethnologues appelleraient culture d'un groupe humain, et le milieu extérieur, c'est-à-dire l'environnement naturel. Celui-ci impose un certain nombre de contraintes universelles. Les outils, dans leurs grandes lignes, respectent les lois de la géométrie ou de la mécanique rationnelle. Ainsi les haches sont-elles emmanchées et les flèches équilibrées au tiers de leur longueur. Leroi-Gourhan parle à ce propos de *convergence technique*. La culture propre de chaque groupe ethnique l'amène à donner un caractère spécifique à l'outil. Il ne s'agit pas seulement d'éléments secondaires ou décoratifs, mais également d'agencements spécifiques qui concernent particulièrement les objets complexes comme la forge ou la charrue.

Au sein de la culture (ou milieu intérieur) d'un groupe ethnique, Leroi-Gourhan distingue le milieu technique, c'est-à-dire le stock des techniques et leurs usages. Ce milieu technique évolue soit grâce à des inventions, soit grâce à des emprunts. De sorte qu'il est très difficile de séparer en pratique ces deux modes d'évolution. « Cette distinction arbitraire [...] est la

source des plus grands déboires de l'ethnologie, de l'impossibilité où l'observateur se trouve presque normalement de trancher en faveur de l'emprunt ou de la convergence technique [10]. » Leroi-Gourhan refuse ainsi de rentrer dans une des querelles clés des fondateurs de l'ethnologie : la technique se diffuse-t-elle par emprunts successifs ou par inventions concomitantes ? On peut considérer avec lui que ce débat est vain car, en définitive, une technique ne compte que par son utilisation.

C'est incontestablement dans ces situations de mutation technique que l'analyse des interactions entre technique et culture est la plus facile à réaliser et la plus féconde. Leroi-Gourhan a étudié l'importation des rennes chez les Eskimos d'Alaska. Ce développement de l'élevage a été favorisé par le gouvernement américain au début du xx^e siècle pour permettre une nouvelle source d'alimentation, après la disparition des cétacés décimés par les compagnies de pêche et la ruée vers l'or. Le passage de la chasse et de la pêche à l'élevage modifie non seulement le milieu technique des Eskimos mais aussi l'ensemble de leur culture. Le nomadisme traditionnel disparaît au bénéfice d'un habitat sédentaire à l'intérieur des terres. Plus profondément, toute leur organisation sociale et religieuse est modifiée. « Cet ébranlement est accentué par l'exclusion de plus en plus complète des matières premières d'origine marine. [...] Le laborieux système des concordances rituelles mer-terre, femelle-mâle et les interdits qui formaient l'essentiel du cadre de la morale se désagrègent complètement [11]. »

Cette monographie, qui met bien en valeur l'importance de la cohérence du système culturel, rejoint les thèses de l'anthropologue américain Melville Herskovits. Celui-ci estime qu'une culture est structurée autour d'un point fort qu'il nomme « foyer culturel » (*cultural focus*). Il prend l'exemple des Todas, aux Indes, dont toute l'activité économique est centrée autour des soins donnés à leurs buffles et du cycle du lait. Toute la vie sociale et religieuse tourne également autour des buffles. Au début du siècle, pour construire un terrain de tir, l'armée anglaise fut amenée à détruire les laiteries sacrées d'un village Toda. Dans leur nouvelle installation, les Todas, dont tout le système culturel avait été déstructuré, délaissèrent les buffles pour élever des vaches et cultiver la pomme de terre [12].

Ces monographies restent malgré tout exceptionnelles. Leroi-Gourhan le reconnaissait quand il écrivait à la fin des années soixante : « L'étude des activités techniques reste un des domaines dont l'exploration est la plus urgente. [...] La monographie doit en quelque sorte se dédoubler et l'exposé précis des faits relatifs aux techniques doit être doublé par la recherche de toutes les connexions qui font de l'organisme étudié un tout. L'unité technique dans le temps et dans l'espace n'est en réalité ni dans les objets ni dans les institutions mais dans les rapports [13]. »

Malheureusement, ce programme de travail n'a pas été réellement mis en place. L'activité principale de l'école de Leroi-Gourhan fut, en fait, moins d'étudier l'interaction de la technique et de la culture, que de construire des systèmes de

classement dans le cadre d'une théorie évolutionniste. Leroi-Gourhan a toujours été très marqué par l'approche taxinomique des botanistes ou des paléontologues. « L'évolution technique, écrivait-il, dans ses formes les plus hautes ne s'écarte pas de l'évolution telle que la biologie l'a pu dessiner [14]. »

Robert Cresswell, l'un des principaux représentants de l'école contemporaine d'ethnologie de la technique, dresse un constat critique des travaux de ce courant : « Trop de descriptions précises, nuancées et pourtant utiles ignorent les relations sociales du contexte dont font partie les outils, les objets. [...] Ce sont des *objets* plutôt que des *processus* qui ont été la préoccupation principale des chercheurs en technologie culturelle [15]. » Quel amer constat pour des chercheurs qui se sont toujours réclamés de l'approche inverse !

Cette dérive, que l'on peut également observer dans de nombreux travaux publiés par la revue *Technique et culture*, n'est pas seulement celle de l'école française. On trouve la même contradiction chez les anthropologues britanniques de la « culture matérielle ». L'un d'entre eux, Bannie Reynolds, affirme : « Dans une société, aucun élément de la culture matérielle ne peut exister totalement isolé des autres phénomènes matériels, ni des membres de la société, de leurs croyances et de leurs comportements. L'interaction entre ces différents éléments est un processus continu. Même quand un objet est déplacé de son environnement originel, par exemple dans un musée éloigné, ce processus continue malgré tout.

Nous observons un réseau ou un système d'interactions dont l'objet matériel constitue le centre [16]. » Cet objet qui déplace en quelque sorte son réseau socio-technique avec lui, Reynolds propose dans la suite de son article de l'étudier dans le musée, ce qui semble en contradiction totale avec sa définition de la culture matérielle.

Les grands corpus d'objets techniques réunis dans les musées ethnographiques ont également fait naître le projet chez certains chercheurs d'analyser la technique comme une langue ou au moins comme un système de signes [17]. Jusqu'à maintenant ces projets de « technologie structurale » ne semblent pas avoir débouché sur des études pertinentes.

L'anthropologie de la technique est-elle alors dans une impasse ? Elle réaffirme de façon incantatoire l'idée qu'il faut étudier les interactions entre technique et culture, et elle se contente de faire une anthropologie technique de la technique. Les grandes fresques évolutionnistes ou structuralistes de la technique semblent tellement complexes à bâtir qu'on ne peut imaginer qu'il soit possible d'y inclure les phénomènes culturels. On pourrait penser en revanche que les études monographiques permettraient de mettre plus facilement en lumière les interactions technique/culture. Il faut bien constater que nombre de ces monographies sont, de ce point de vue, décevantes. Mais il s'agit moins d'une incapacité de leurs auteurs à remplir leurs objectifs, que d'une erreur de terrain d'analyse. Dans une situation de stabilité, les liens entre technique et culture sont difficiles à mettre en lumière, tant la

technique paraît parfaitement adaptée à la société étudiée. Mais dès que l'analyste s'intéresse à des situations de mutation, il voit se construire les interactions. Ainsi, Pierre Gouletquer, dans une recherche sur l'extraction du sel au Niger, avant la colonisation, montre que cette nouvelle activité prend sa source dans des mutations plus profondes. « L'invention, écrit-il, n'est pas l'apparition d'une technique qui permet d'extraire du sel des boues salées. L'invention, si on peut dire, réside dans la restructuration politique et économique qui conduit à tirer un avantage commercial d'un potentiel jusque-là négligé. [...] Autrement dit, la faculté d'innovation ne peut être analysée à partir d'un processus technique isolé. Le moteur du changement résidant dans une redistribution des pouvoirs politiques et une restructuration des territoires à l'échelle de toute la zone climatique, les problèmes de diffusion ou d'invention des techniques deviennent secondaires ^[18]. »

Les situations coloniales, avec le très violent choc des cultures qu'elles ont créé, constituent un autre cas intéressant de mutation où les interactions entre technique et société apparaissent nettement (les exemples des Eskimos et des Todas cités précédemment paraissent à ce titre exemplaires). Aujourd'hui, les situations de transfert de technologie dans les pays en voie de développement peuvent aussi se révéler fécondes à étudier ^[19]. L'innovation est également riche d'enseignements, surtout si l'on ne limite pas l'analyse à la construction d'un nouveau dispositif matériel et si l'on étudie l'ensemble des usages de ce dispositif. On reproche parfois à certains chercheurs de la communication de ne s'intéresser

qu'aux nouvelles technologies et d'ignorer les « anciennes » qui constituent la quasi-totalité des médias de masse aujourd'hui. Même si parfois cet engouement est moins le leur que celui de leurs commanditaires, je crois néanmoins qu'ils ont choisi un terrain particulièrement fécond pour construire une nouvelle anthropologie de la technique [20].

La technique comme artefact social

Si l'ethnologie de la technique, et notamment le courant de « la technologie culturelle », ne porte pas tous les fruits qu'on pouvait en espérer à la lecture de ses textes programmatiques, quelques études de cas montrent néanmoins l'intérêt d'une approche refusant la coupure entre technique et société, associant non seulement l'objet au geste mais le replaçant dans tout le processus de sa construction et de son utilisation. Les monographies ethnologiques signalent un terrain particulièrement fécond pour l'étude de la technique : les périodes de mutation, l'innovation. Toutefois c'est dans d'autres travaux, ceux issus de la nouvelle sociologie anglo-saxonne de la science, que nous allons trouver une analyse beaucoup plus approfondie des différentes interactions mises en œuvre par une science et une technique en train de se faire.

Le grand modèle de l'épistémologie des sciences tel qu'il avait été développé jusque dans les années cinquante reposait sur

l'idée que les scientifiques développaient un système autonome de pensée lié à une méthode spécifique. Les thèses de Thomas Kuhn sur les paradigmes scientifiques [21] ont commencé à ébranler ce modèle. Kuhn fut l'un des premiers à organiser l'étude de la science sur les controverses scientifiques, son explication reposant sur une articulation entre la structure cognitive et la structure sociale. Dans un paradigme, le cognitif et le social sont en effet indissociables. A côté de sa thèse sur les révolutions scientifiques, il s'est aussi attaché dans ses réflexions sur la « science normale » à décrire l'activité quotidienne des chercheurs.

Au début des années soixante-dix, David Bloor définissait de nouvelles règles de méthodes connues sous le nom de « programme fort » [22]. Il remarquait que les explications sociales de la science étaient toujours asymétriques [23] : on recourt aux facteurs sociaux pour expliquer les échecs ou les théories fausses, alors qu'on fait appel à la rationalité scientifique pour penser l'origine des découvertes. Bloor propose, au contraire, de se montrer impartial vis-à-vis des croyances qui ont été considérées comme fausses, de respecter un principe de symétrie, c'est-à-dire d'utiliser les mêmes facteurs explicatifs pour les théories « justes » comme pour les « fausses ». A côté de ces réflexions de méthode, un autre chercheur britannique, le sociologue Harry Collins [24], se proposera de suivre finement « la science en train de se faire ». Il questionnera radicalement le principe de la réplication des expériences, montrant qu'il s'agit d'un principe plus souvent affiché dans les manuels que réalisé dans les laboratoires. Il

soulignera également l'importance de la négociation entre chercheurs pour la définition des phénomènes et l'établissement des résultats.

Quelques années plus tard, paraîtront un certain nombre de travaux d'historiens de la science sur différents cas de controverses scientifiques [25]. Il s'agira de s'abstraire du jugement de l'histoire et d'analyser les débats sans préjuger de leur issue, de faire apparaître plausible et rationnelle la thèse qui en définitive a perdu. A l'origine de cette démarche, on trouve le constat qu'un même fait scientifique peut être interprété de plusieurs façons. L'arbitrage entre ces différentes interprétations n'est pas apporté par la réalité observée mais par la résolution d'une controverse entre différentes thèses. Ces auteurs analysent l'affrontement entre ces thèses essentiellement comme un mécanisme social. La question de la vérité, l'une des questions fondamentales de l'épistémologie de la science, est donc évacuée au bénéfice d'une recherche qui cherche à analyser comment un consensus s'est progressivement établi dans la communauté scientifique.

La nouvelle école anglaise de sociologie et d'histoire des sciences qui s'est ainsi constituée s'intéresse aux controverses dans la mesure où celles-ci révèlent la flexibilité des interprétations scientifiques, mais, pour ces chercheurs, la résolution de ces conflits est expliquée en dernière instance par la société. Par le jeu des controverses qui mobilisent de nombreux éléments non scientifiques, la science est socialement construite.

C'est cette thèse du constructivisme social que Trevor Pinch et Wiebe Bijker vont appliquer à la technique. Ils construisent un modèle multidirectionnel qu'ils opposent au modèle traditionnel unilinéaire. Dans ce dernier, on passe de la recherche fondamentale au marché en franchissant plusieurs étapes : la recherche appliquée, le développement technique, la production. Au contraire, dans le schéma multidirectionnel, la technique évolue simultanément dans plusieurs directions.

Pour chaque artefact technique, on peut déterminer des « cadres technologiques » qui constituent l'environnement social et cognitif au sein duquel constructeurs et usagers concevront et utiliseront l'objet technique. Pinch et Bijker distinguent également différents groupes sociaux d'acteurs qui interviennent dans le processus d'élaboration ou dans la définition des usages. Si, dans certains cas, un groupe social peut avoir son propre cadre technologique de référence, dans d'autres cas, au contraire, ce cadre technologique est commun à plusieurs groupes d'acteurs.

Chaque groupe concerné par un artefact définit les problèmes et les solutions qu'il souhaite apporter. C'est alors qu'apparaît une controverse technique qui sera résolue par des mécanismes sociaux de conflit et de négociation. Pour définir les groupes sociaux pertinents pour son analyse, le sociologue doit partir des représentations de l'objet technique. « La principale exigence, notent Pinch et Bijker, est que tous les membres d'un certain groupe social partagent les mêmes représentations de l'objet technique ^[26]. » Ces groupes sociaux

vont, compte tenu des représentations qui sont les leurs, construire socialement l'objet technique par le jeu de la définition des problèmes et de leur résolution.

Pinch et Bijker distinguent deux manières de mettre fin à une controverse, soit de façon purement théorique, soit en déplaçant le problème. Ils ont appliqué leur modèle au cas de la bicyclette à la fin du XIX^e siècle. Ils montrent que la controverse sur la sécurité sera résolue par des effets de discours. Les constructeurs d'un nouveau modèle, la bicyclette « facile » (*sic*), déclarent qu'elle offre tous les avantages des autres modèles avec en plus une sécurité absolue [27]. Une autre controverse portait sur la question des pneus gonflés à l'air. Les défenseurs de cette solution prétendaient qu'elle permettait d'éviter les vibrations des roues, alors que d'autres acteurs estimaient qu'ils s'agissait d'un accessoire horrible qui dénaturait l'aspect de la bicyclette. Les partisans du pneu imposèrent leur système en montrant qu'il résolvait un autre problème, celui de la vitesse. Mais ce n'est pas uniquement par un déplacement d'ordre technique qu'une controverse peut être résolue. Elle peut également l'être par un déplacement moral. Plusieurs constructeurs ont mis au point des modèles spécifiques permettant à des femmes de faire de la bicyclette en jupe longue. Il s'agissait en quelque sorte de monter une bicyclette en amazone. On peut aussi résoudre cette question en acceptant que les femmes se promènent en pantalon !

En définitive, l'approche du constructivisme social ne se contente pas d'indiquer que la forme des objets techniques est

influencée par le social. Pour cette école, tout objet est social : « Le point central n'est pas qu'on donne au social un statut spécial *derrière* la nature. Au contraire, on affirme qu'il n'y a rien d'autre que le social : des phénomènes naturels construits socialement, des intérêts sociaux construits socialement, des artefacts construits socialement, etc. ^[28] . » C'est bien dans ce sociologisme que réside l'originalité de la thèse de Pinch et Bijker. Car l'idée que la science et la technique sont construites et ne sont pas le simple enregistrement des résultats fournis par l'expérience est admise par la plupart des théoriciens de la science et de la technique. Certains d'entre eux, que l'on peut situer dans une tradition néo-kantienne, expliquent cette construction des faits scientifiques à partir des systèmes symboliques : ce sont les structures profondes de la pensée qui déterminent les cadres de l'observation et de l'interprétation. La thèse du constructivisme social se situe exactement à l'opposé de cette tradition, qui est notamment celle de Bachelard.

Pinch et Bijker se distinguent également des approches classiques de la technique que nous avons étudiées dans les deux premiers chapitres par leur refus du modèle unilinéaire au profit d'un modèle multilinéaire, qui semble correspondre bien mieux à ce que remarque tout observateur attentif des innovations techniques. Mais l'élément le plus novateur de leur théorie est incontestablement le fait de dépasser la coupure classique entre conception et usage, production et marché.

Approfondissons ce point. Louis Quéré critique judicieusement l'approche classique de la séparation technique/usage quand il note : « Ce qu'a de remarquable une telle approche, c'est qu'elle traite ce qui précède la diffusion elle-même comme une boîte noire, qu'elle est incapable de lui conférer une *socialité interne* et qu'elle fait de ce qui est diffusé une pure singularité dépourvue de valeur de généralité, la montée en généralité n'étant pensée qu'en termes de diffusion, c'est-à-dire comme un ajout externe et non pas comme une composante interne de la mise au point du nouveau produit, de la nouvelle machine ou du nouveau procédé. C'est en ce sens que cette approche classique présente le même défaut que le discours épistémologique : dans l'étude de l'innovation, elle soustrait un noyau irréductible à l'investigation sociologique, faute de pouvoir, en raison de sa théorie implicite, lui reconnaître un caractère social ; elle place une boîte noire au cœur de toute innovation ; seul ce qui est amont et ce qui est aval est susceptible d'une explication en termes sociologiques classiques ; pour ce qui est de l'amont, on mettra en évidence les rapports sociaux ou les modèles culturels qu'incorpore la nouvelle entité, les choix dont elle est l'aboutissement, les logiques sociales qu'elle a composées, l'idéologie des ingénieurs et des techniciens qui l'ont conçue, etc. ; pour ce qui est de l'aval, on aura toute la batterie des notions et des distinctions des études de diffusion [29]. »

Quéré définit bien ici le projet d'une nouvelle sociologie de la technique qui est également celui de Pinch et Bijker. Leur théorie tente de « conférer une socialité interne » à l'artefact

technique, de faire de la montée en généralité une composante interne de la mise au point du nouvel artefact. En effet, l'objet technique se construit à travers des négociations qui font suite à des controverses et débouchent sur la résolution de problèmes. Ces opérations sont effectuées par des groupes sociaux de concepteurs et d'usagers. Il ne s'agit pas simplement, comme dans certains travaux de sociologie des usagers des nouvelles technologies, d'une transformation dans le cadre d'une réappropriation d'un objet technique par ses usagers, mais bien d'ouvrir la boîte noire et d'y découvrir, selon l'expression de Quéré, « le lien social dans la machine ». Toutefois, si le projet de Pinch et Bijker paraît original et réellement fécond, sa mise en œuvre est souvent critiquable. Leur notion de groupe social est extrêmement vague. Si, dans certains cas, il s'agit de groupes ayant une identité spécifique, dans d'autres, et notamment pour les groupes d'utilisateurs, il s'agit de groupes en creux qui n'ont ni identité, ni moyen d'exprimer une attente vis-à-vis de la technique. Dans leur étude sur la bicyclette, les auteurs distinguent les cyclistes sportifs, les cyclotouristes, les femmes cyclistes qui ne trouvent pas d'engins adaptés à leur habillement et même les anticyclistes qui mettent des bâtons dans les rayons des amateurs de la petite reine ! Si, par construction, ces groupes ont une représentation commune du vélocipède, ils n'ont pas tous les mêmes moyens pour agir dans des controverses. Les sportifs sont structurés en groupe, ils se retrouvent par exemple dans des courses, mais les cyclotouristes ne le sont pas. Quant aux femmes, la pratique de la bicyclette étant socialement

réprouvée en ce qui les concerne, leur groupe n'existe qu'en creux. Pinch et Bijker le définissent d'ailleurs ainsi : « Les ingénieurs et les producteurs ont anticipé l'importance des femmes comme cyclistes potentielles ^[30] . »

Cette remarque signale bien le point faible du modèle de nos deux auteurs. Leur modèle de référence est celui des controverses scientifiques, où producteurs et consommateurs de savoir appartiennent à la même communauté. Il n'y a donc pas de réelle coupure entre eux. Les uns comme les autres participent aux controverses. Dans le domaine technique, la situation est différente, la coupure entre producteurs et usagers étant beaucoup plus profonde. Dans certains cas, les usagers peuvent être partie prenante des négociations de définition de l'artefact ^[31] . Dans d'autres, leur présence n'est que virtuelle ; ils n'interviennent dans le débat qu'indirectement par la représentation que d'autres groupes, et en l'occurrence les concepteurs, se font de leur position.

Dans ces conditions, peut-on mettre au centre de l'analyse cette problématique d'affrontement entre groupes sociaux ? Ne faut-il pas examiner également la façon dont les concepteurs (qui restent malgré tout les premiers acteurs de la construction de l'objet technique) se représentent à la fois les usages des différents groupes sociaux, et la façon dont les usagers pourraient réagir à telle ou telle modification technique ? Les représentations des usages sont également un élément essentiel qui est mobilisé dans les controverses entre concepteurs. S'il paraît fondamental d'intégrer dans une même analyse

conception et usage pour penser la technique, il ne faut pas postuler une fausse symétrie entre concepteurs et usagers. En effet, ils ne participent pas de la même façon à la construction sociale de l'objet technique. Les concepteurs intègrent des usages dans leur machine comme lien social, mais les usages sociaux ne sont présents dans le laboratoire que de façon virtuelle ; les usagers, eux, vivent la machine comme lien social, mais leur créativité d'usagers se fait sous contrainte, celle d'une résistance de la technique qui impose des limites à son fonctionnement, qui n'ouvre qu'un champ de possibles. S'il y a bien une négociation socio-technique dans la conception et dans l'usage, ces deux négociations ont des caractères très spécifiques. Dans le premier cas, le concepteur intègre dans sa machine des usages virtuels (s'il s'agit d'un dispositif complètement nouveau) ou réels (dans le cas d'une machine dérivée d'une précédente). Mais, en tout état de cause, il s'agit de représentations des usages. Dans le second cas, les usagers négocient avec une machine qui leur offre des potentialités d'usage qu'ils peuvent modifier mais qui possède aussi sa résistance propre. Dans un cas, on négocie avec des représentations, dans le second, avec un objet. Représentations sociales et objets techniques sont à la fois malléables et durs, mais selon des modes différents.

En définitive, l'approche de Pinch et Bijker permet d'intégrer la réflexion sur la conception et celle sur l'usage, en conférant à l'objet technique une socialité interne. Cependant, cette approche pêche par sociologisme, elle réduit les conflits techniques à des conflits sociaux. De même que l'approche de la

technologie culturelle avait tendance à privilégier l'objet technique par rapport au processus social, le constructivisme social réduit les choix technologiques à des choix sociaux. Dans l'association technique et société, l'un des deux termes l'emporte toujours sur l'autre. Pour sortir de ce dilemme, il convient maintenant d'étudier une autre école de pensée : la nouvelle sociologie française des sciences et des techniques, qui élimine toute hiérarchie entre technique et société, chacune se redéfinissant et se reconstruisant simultanément.

La technoscience et ses réseaux

Comme dans le monde anglo-saxon, la nouvelle approche va naître tout d'abord dans le domaine de la sociologie de la science. A l'origine, on trouve un projet ethnographique, celui de Bruno Latour qui se propose d'observer la « vie de laboratoire » avec un regard radicalement neuf, sans aucun présupposé sur le contenu de l'activité scientifique. De là naîtra un livre [32] écrit avec un chercheur anglais, Steve Woolgar. Celui-ci assurera l'articulation avec la tradition de Collins présentée plus haut. Latour et Woolgar consacrent de larges développements à la production et à la circulation d'articles scientifiques. En effet, ils analysent la science en train de se faire comme une activité rhétorique. Le chercheur doit avant tout persuader. Les faits scientifiques ne sont pas inscrits de toute éternité dans la nature où le savant n'aurait qu'à les

découvrir, c'est-à-dire à les dévoiler. Au contraire, le chercheur doit construire les faits, il doit tirer du désordre qui caractérise la nature quelques petits îlots d'ordre^[33]. Des différents instruments de mesure utilisés par le chercheur, il ne se dégage que du bruit (au sens de la théorie de l'information). Il lui appartient d'en tirer des éléments saillants, de construire de nouveaux énoncés scientifiques. Un nouvel énoncé ne deviendra un fait scientifique que si le chercheur réussit à convaincre ses collègues, à éviter que ceux-ci lui rétorquent : « Mais tu pourrais aussi bien dire que... » et proposent des énoncés également probables. Pour construire, pour imposer un fait, le chercheur utilisera toutes les ressources de la rhétorique, mais il devra aussi faire traverser au phénomène qu'il étudie différentes épreuves qu'il choisit lui-même pour désarmer les critiques. Ces épreuves, qui correspondent à différents tests et mesures, nécessitent l'infrastructure d'un laboratoire.

Pour triompher de ces épreuves, « solidifier » les faits en cours de construction, associer des éléments d'origine différente, il faut, nous disent les experts de la science, l'inventivité et le génie du savant. Latour et Woolgar montrent au contraire que les éclairs de génie s'expliquent le plus souvent par le hasard des circonstances, les aléas des rencontres, des discussions avec les collègues. L'explication par l'idée nouvelle est le plus souvent reconstruite après coup, par le savant ou par son historiographe. Mais quand, par hasard, l'ethnographe est là pour observer la science en train de se faire, il peut observer tout ce que les éclairs de génie doivent aux circonstances. Au

bout d'un certain temps, l'énoncé scientifique non contesté est réifiée, il s'intègre aux savoirs scientifiques du moment, il devient une *boîte noire*, un fait scientifique stable considéré par chacun comme faisant partie de la nature.

Ce premier schéma d'analyse de la science, Latour va le systématiser par la suite, l'étendre à l'étude de la technique. De la collaboration avec Michel Callon va naître une véritable théorie sociologique des technosciences qui sera développée au Centre de sociologie de l'innovation de l'École des mines de Paris. Le principe associationniste est renforcé, élargi. La métaphore centrale devient celle du réseau. Celui-ci étend ses ramifications de plus en plus, tant du côté des humains que des « non-humains ». Car l'autre élément clé des théories de Callon et Latour est de nier toute séparation entre la technoscience et la société. La science n'est plus une construction sociale, mais un réseau qui lie différents éléments de la socio-nature.

Dans cette théorie, qui sera développée par Latour dans *La Science en action*^[34] et par Callon dans *La Science et ses réseaux*^[35], nos deux auteurs utilisent une autre métaphore, celle du porte-parole. Callon et Latour reprennent à la philosophie politique de Hobbes le personnage fictif du Léviathan^[36]. Comme le souverain, chez Hobbes, qui est autorisé par un contrat de délégation à parler au nom de la multitude, le porte-parole de Callon et Latour peut condenser les interactions développées par une foule d'acteurs. On peut ainsi substituer un macro-acteur à une masse hétérogène de micro-acteurs. Mais, en quittant le domaine de la philosophie

politique pour celui de la science, la notion de porte-parole devient beaucoup plus lâche. Le porte-parole peut être celui d'un laboratoire, d'une institution. A ce moment peut se poser la question de sa représentativité, de sa légitimité. Mais il peut également être le porte-parole de microbes ou d'électrons. « L'auteur se comporte comme s'il était le porte-parole de ce qui s'inscrit sur l'écran de l'appareil [37] », écrit Latour. Et il compare cet auteur avec un délégué du personnel entouré d'une foule en grève. « Tout se passe, note-t-il, comme si le porte-parole ne parlait pas réellement, mais qu'il se contentait de commenter ce que vous voyez directement, vous fournissant les mots que vous auriez de toute façon utilisés [38]. » Si donc, dans deux cas, la présence d'humains ou de non-humains autour du porte-parole l'empêche de tricher, d'abuser de la situation, il existe néanmoins une différence fondamentale entre les deux cas, que Latour ne signale pas. Dans l'exemple du chercheur, c'est lui qui choisit les non-humains qu'il veut utiliser, dans celui du délégué syndical, c'est lui qui est choisi par les humains.

La troisième métaphore associationniste utilisée par Callon et Latour est celle de la traduction, qu'ils empruntent à Michel Serres. Latour en donne la définition suivante : « En plus de son sens linguistique – l'établissement d'une correspondance entre deux versions d'un même texte dans deux langues différentes –, il faut lui donner le sens géométrique de translation. Parler de traduction d'intérêts signifie à la fois que l'on propose de nouvelles interprétations et que l'on déplace des ensembles [39]. » Parmi de nombreux exemples, retenons deux

cas cités par Latour et par Callon. Celui d'une lettre écrite par Pasteur au ministre de l'Instruction publique demandant une subvention de 2 500 F pour étudier la fermentation du vin. Pasteur justifie sa subvention par le fait que l'agriculture est une grande richesse de la France, dont l'importance s'est encore accrue avec le traité de libre-échange avec l'Angleterre. Latour résume ainsi la chaîne de traductions : « Avec 2 500 F, monsieur le ministre, vous tenez le travail de Pasteur qui tient la chimie du vin, qui tient les maladies des vins, qui tient le commerce des vins, qui tient la balance des paiements, qui tient la grandeur de la France ^[40] . »

L'autre exemple est celui de la pile à combustible qu'EDF voudrait installer sur le futur véhicule électrique. Pour développer ces piles, les chercheurs estiment qu'il convient en priorité d'avoir des électrodes performantes et ils décident d'étudier un type particulier d'électrodes : l'électrode à un seul pore ^[41] . Ces deux exemples illustrent parfaitement le caractère hétérogène de la notion de traduction. Dans un cas, il s'agit d'un pur exercice rhétorique, se réclamer de la « grandeur de la France » pour obtenir une subvention ; dans l'autre, il s'agit d'une segmentation d'un problème technique. Parmi les différentes questions posées par la pile à combustible, celle du fonctionnement qui peut être observé avec l'électrode à un pore paraît la plus importante. Si l'on peut admettre très volontiers, comme Latour, que la recherche de financement fait autant partie de l'activité d'un scientifique que le travail de laboratoire et que les négociations institutionnelles ont évidemment des conséquences sur les choix scientifiques, par contre la

rhétorique de persuasion du financeur paraît fondamentalement différente de celle des électrons.

Traduction, porte-parole, ces deux notions se recoupent largement [42] et renvoient à une sorte d'associationnisme généralisé. « Qu'est-ce qu'un sociologue ?, demandent Callon et Latour, quelqu'un qui étudie les associations et les dissociations, voilà tout [43]. » Le concept central de leur théorie est donc celui de réseau. Un fait scientifique, un dispositif technique est constitué par assemblage d'éléments hétérogènes, articulés dans un réseau. Le travail technique (ou scientifique) consiste à renforcer ce réseau pour le rendre indestructible.

Celui-ci est aussi bien composé d'éléments physiques (électrons, vents, marées,...) que d'acteurs sociaux. D'ailleurs, il n'y a pas de raison de distinguer le technique et le social, d'autant moins que les frontières sont floues et varient selon les auteurs. « L'innovation, c'est l'art d'intéresser un nombre croissant d'alliés qui vous rendent de plus en plus fort [44]. » Pour renforcer son réseau, l'ingénieur fera flèche de tout bois, il enrôlera aussi bien des acteurs humains que non humains. Le succès (ou l'échec) d'une invention ne vient donc pas de la qualité ou de la justesse d'un dispositif technique, de la capacité de l'innovation à répondre à une demande sociale. Tout repose sur la solidité du réseau. « On mesure la difficulté de l'innovation, écrit Latour, à ce qu'elle assemble au même lieu et dans la même combinaison une population de gens intéressés, dont une bonne moitié est prête à déserter tout à fait, et un

dispositif de choses dont la plupart est prête à tomber en panne [45]. »

La radicalité du point de vue de Callon et Latour les amène à refuser le « grand partage » qui sépare dans notre monde moderne la société d'un côté, la science et la technique de l'autre. Ils refusent de même d'accorder au sociologue une position d'extériorité par rapport à la technoscience ou, plus exactement, nos deux auteurs brouillent les frontières entre la recherche technique et la sociologie. Les ingénieurs qui élaborent de nouvelles technologies, écrit Callon, « construisent constamment des hypothèses et des formes de raisonnement qui les placent dans le champ de l'analyse sociologique. Qu'ils le veuillent ou non, ils sont transformés en sociologues ou ce que j'appelle des ingénieurs-sociologues [46] ». Callon illustre son propos par l'exemple de la controverse entre EDF et Renault sur le véhicule électrique dans les années soixante-dix. Les ingénieurs d'EDF adoptent sur la société française un point de vue qui a beaucoup de parenté avec celui développé, à la même époque, par Alain Touraine sur la société postindustrielle : les décideurs technocratiques doivent s'appuyer sur le mouvement social de critique de l'automobile pour proposer une autre forme de transport moins polluante. Pour résister aux projets d'EDF en matière de véhicule électrique, lesquels, à terme, entraîneraient une disparition de Renault, les ingénieurs de la Régie vont non seulement améliorer leur véhicule automobile mais également produire une autre analyse sociologique, proche de celle de Pierre Bourdieu, insistant sur la

consommation automobile comme élément de distinction sociale.

Le conflit EDF/Renault épouse le conflit Touraine/Bourdieu, ce qui fait que la résolution du conflit sociologique est liée à celle du conflit technique. « L'avènement de la société post-industrielle auquel croit Touraine dépend, dans ce cas particulier, non seulement de la capacité des mouvements sociaux à influencer le choix des technocrates mais aussi du comportement des catalyseurs dans les piles à combustible. [...] Si, en définitive, Bourdieu a eu raison et Touraine tort, c'est relativement un coup de chance. Si Renault a eu raison, c'est parce que les associations hétérogènes proposées par les ingénieurs d'EDF se sont désagrégées les unes après les autres. La découverte d'un catalyseur bon marché comme substitut au platine aurait pu donner tort à Bourdieu et finalement rentabiliser la théorie sociologique de Touraine ^[47]. » Mais qu'on ne s'y trompe pas, la technique n'est pas là pour venir au secours de la sociologie, pour lui donner des munitions pour ses controverses. « Au lieu d'être quelqu'un dont les idées et les expériences peuvent tourner à l'avantage du sociologue, l'ingénieur-sociologue devient le modèle dont les sociologues doivent s'inspirer ^[48] . »

Pour le sociologue qui ne prend pas l'ingénieur-sociologue comme modèle et qui pense qu'il y a une réelle spécificité intellectuelle de sa discipline, les théories de Callon et Latour appellent un certain nombre de critiques que je présenterai

autour de trois points : les notions de réseau, d'acteur, de contexte.

Le réseau

La notion de réseau qui est omniprésente dans les textes de Callon et Latour est extrêmement lâche et attrape-tout. Tel un filet qui peut subir toutes les déformations et ramasser les objets les plus hétéroclites, cette notion, très à la mode aujourd'hui en sociologie^[49], recouvre en effet sous un même vocable des éléments très divers. Pour Latour, le réseau est tout d'abord ce qui permet de surmonter des contradictions (« s'il est possible de décrire la même activité comme étant si puissante et pourtant si marginale, si concentrée et si diluée, cela signifie qu'elle a les caractéristiques d'un réseau^[50] »). De façon plus opérationnelle, le réseau est défini comme ce qui relie des éléments hétérogènes. On nous dit à la fois que plus il est étendu, plus il est solide, et en même temps qu'il ne vaut que par la solidité de son maillon le plus faible.

Cette métaphore du réseau est utilisée dans quatre contextes différents. D'abord celui d'un ingénieur qui construit un réseau, nos deux auteurs s'interrogeant alors sur sa solidité. Deuxième cas, le réseau est un espace de circulation^[51]. Troisième contexte, la métaphore spatiale évolue, on passe de la circulation à la frontière (par exemple, les scientifiques

modifient leur raisonnement quand ils sont à l'intérieur ou à l'extérieur de leurs réseaux, dans un cas ils ont une vision constructiviste de la science, dans l'autre une vision essentialiste [52]). Reste enfin la métaphore temporelle (« mettre l'accent sur les réseaux, c'est tout d'abord suggérer une certaine temporalité du travail scientifique [53] »).

Ces différentes acceptations sont tellement diverses qu'on peut utiliser la notion de réseau dans bien des circonstances, sans créer d'effet de connaissance. Néanmoins, dans un autre texte, Latour précise son approche en distinguant cinq types de réseaux articulés les uns avec les autres : les instruments, les collègues, les alliés, le public et enfin les liants [54]. Je ne m'attarderai pas sur les réseaux de collègues, sur les alliés et le public. Le premier, la communauté scientifique, a été largement appréhendé par la sociologie classique de la science. Les alliés institutionnels ont également été étudiés par l'histoire sociale de la technique. Enfin, le public est un grand absent des travaux de Callon et Latour qui, s'ils rejettent catégoriquement le modèle diffusionniste, n'entreprendront aucun travail sur les usages de la science et de la technique. En revanche, la question des instruments et plus largement de la collecte et du traitement des données scientifiques est plus largement abordée et constitue incontestablement un point fort de ces analyses [55]. La connaissance est essentiellement accumulation, capitalisation. La science n'a pu se constituer qu'à travers la multiplication des prélèvements, des échantillons (de roche, d'insectes...), la comparaison des mesures, le rapprochement de données étrangères l'une à l'autre dans le calcul statistique. Il

n'y a pas de sciences naturelles tant que l'on n'est pas capable de réunir dans un muséum les différentes plantes de la Terre. Il n'y a pas de géographie tant que l'on ne sait pas éditer une carte (c'est-à-dire transmettre une même figure à tous les utilisateurs) et la mettre à jour (intégrer les nouvelles informations apportées par les navigateurs)...

Le cinquième réseau (appelé cercle dans le texte cité) est défini par Latour comme « les liants ou les liens, afin d'éviter les mots de contenu et concept au passé trop chargé ^[56] ». Parvenir à ce cercle, « c'est toucher à quelque chose de plus dur [...]. Tenir à la fois toutes les ressources mobilisées dans les quatre autres cercles n'est pas une partie de plaisir. Il convient maintenant, puisque tous ces fils sont encore épars, de les nouer solidement, afin qu'ils ne cèdent pas aux forces centrifuges [...]. Plus ils sont nombreux ainsi assemblés, plus il faut trouver la notion, l'argument, la théorie qui peut les attacher tous ensemble. La dureté du lien est ce qui va permettre de faire durer l'attachement ^[57] ». Ce texte peut être interprété de deux façons. Soit le cœur de l'activité scientifique et technique est lien, attachement, et l'on retrouve une fois de plus la métaphore associationniste chère à Latour dont le pouvoir explicatif est bien faible. Soit, tout en niant la séparation contenu/contexte, science/société, on la réintroduit malgré tout et l'on a une approche de la science et de la technique qui peut être très féconde. On évite aussi bien un associationnisme généralisé et stérile, qu'une séparation totale de la technoscience qui serait autonome et seulement influencée par un contexte. L'activité scientifique et technique possède bien une spécificité, mais elle

se développe en interaction permanente avec les outils de mesure, le dialogue avec les pairs, l'appui des institutions, la participation des usagers. Il y a donc des réseaux multiples qui se combinent dans l'activité scientifique et technique.

L'acteur

Mais revenons à la notion de réseau. Nous l'avons vu, ce qui est central, c'est l'idée de construction et d'espace de circulation. Il convient alors de poser la question : qui construit le réseau, qui y circule ? Réponse : des acteurs. Nous allons le voir, la notion d'acteur chez Callon et Latour n'est pas dépourvue, comme celle de réseau, d'ambiguïtés. A un premier niveau, on peut distinguer deux types d'acteurs : les représentés et les porte-parole. Bien qu'il y ait une évidente dissymétrie entre eux, l'autonomie des représentés n'est pas négligeable, car ils ont à tout moment la possibilité de suivre ou de trahir. Ces acteurs peuvent être des humains ou des non-humains^[58]. Il existe également un deuxième niveau d'acteurs, celui des organisateurs du réseau. Toutefois, Callon et Latour ne construisent aucune théorie unifiée de facteur-organisateur de réseau. Dans certains cas, il n'y a même pas d'organisation du réseau. Latour^[59] oppose par exemple deux modèles de l'innovation : le modèle linéaire, où l'inventeur réalise petit à petit son idée initiale, et le modèle tourbillonnaire, où l'idée de départ ne compte pas, où elle n'a aucune force autonome, et

n'est pas davantage propulsée par un inventeur. Le projet ne chemine alors que s'il est repris par tel ou tel groupe qui en l'adoptant va l'adapter, le modifier. Il n'y a donc pas d'acteur-organisateur mais une succession de hasards.

Dans le même ouvrage, quelques pages plus loin, Latour nous présente les acteurs engagés dans le projet d'un métro automatique qui ignorent eux-même ce qu'ils font. « Ce n'est pas seulement le sociologue qui ignore ce que veut Matra, c'est également vrai du ministre, du chef de cabinet du ministre, de Lagardère lui-même, P-DG de Matra. Eux aussi voudraient stabiliser une certaine interprétation de ce qu'ils sont et ce qu'ils veulent ^[60] . »

On trouve enfin chez Callon et Latour une troisième conception de l'acteur, celle de l'acteur stratégique. « Qu'est-ce qu'un acteur ?, demandent nos deux auteurs, n'importe quel élément qui cherche à courber l'espace autour de lui, à rendre d'autres éléments dépendants de lui, à traduire les volontés dans le langage de la science propre. Un acteur dénivelle autour de lui l'ensemble des éléments et des concepts que l'on utilise d'habitude pour décrire le monde social ou naturel ^[61] . » Cet acteur stratégique, dont cette définition ne nous dit pas clairement que c'est un humain, se situe dans un monde guerrier. La référence à Machiavel est souvent présente. L'acteur stratégique noue des alliances, défait celles de ses ennemis, intéressant des partenaires qui seraient toujours prêts à se défiler, séduit un collègue ou une larve de coquille Saint-Jacques ^[62] .

Dans cette perspective, une controverse devient une question de rapport de forces. Quand un scientifique veut remettre en cause l'énoncé d'un collègue, il doit vérifier chacun des dires de l'auteur, ses références, refaire ses expériences, et pour cela il devra sans doute créer un contre-laboratoire. Mais « les sceptiques ne peuvent se contenter de fonder un autre laboratoire ; encore faut-il qu'il soit meilleur, ce qui rend le prix encore plus élevé et les conditions à réunir encore plus insolites ^[63] ». Aussi, dans la quasi-totalité des cas, les sceptiques abandonnent-ils. En d'autres termes, on ne reconnaît la validité d'un énoncé que parce que les forces font défaut pour s'y opposer. En définitive, comme dans la fable de La Fontaine, a raison celui qui est le plus fort.

Latour donne une belle illustration de cette vision stratégique de la recherche avec les travaux du laboratoire de Guillemin sur une hormone de libération (le TRF). Au cours des conflits entre laboratoires pour réussir à isoler le TRF, Guillemin réussit à modifier le contexte de validation des résultats en fixant des critères d'acceptabilité plus élevés et en les faisant partager par la communauté scientifique. « L'élévation des exigences aussi bien matérielles qu'intellectuelles eut pour effet de réduire le nombre des concurrents ^[64] . »

Cette notion d'acteur stratégique apparaît également très nettement dans les travaux d'un autre chercheur du Centre de sociologie de l'innovation, Vincent Mangematin, qui étudie deux innovations techniques en concurrence. Il estime que ce qui les départage, c'est l'efficacité des stratégies des acteurs en

présence. « Comme dans les meilleurs romans policiers, écrit-il, les manœuvres sont variées : effets d'annonce et manipulation des anticipations, lobbying auprès des pouvoirs publics et transformation des objets techniques, marketing et fixation des prix [65] » Le succès technique devient ainsi une simple affaire de capacité manœuvrière.

Pour résoudre la contradiction entre deux conceptions de l'évolution des réseaux, l'une où ils se modifient de façon purement aléatoire, l'autre où ils sont manipulés par un acteur stratégique, Callon propose la notion d'acteur-réseau. « Un acteur-réseau, écrit-il, est simultanément un acteur qui lie activement des éléments hétérogènes et un réseau qui est capable de redéfinir et de transformer sa matière première [66]. » Mais la traduction empirique de ce concept semble montrer que les liens entre les deux éléments ne sont pas assez résistants. Dans une étude de cas [67], il utilise la notion d'acteur-réseau comme un équivalent d'acteur stratégique, les différents acteurs-réseaux qui s'affrontent sont d'ailleurs désignés par le nom du chercheur qui les a structurés.

Le contexte

L'action stratégique des innovateurs reste en définitive un des éléments clés de l'explication de l'échec ou de la réussite d'une innovation. A propos du véhicule électrique étudié au milieu

des années soixante-dix, Callon écrit : « S'il y a échec, c'est parce que les forces d'EDF étaient trop faibles, comme elles l'étaient pour les réalisateurs de Concorde qui eussent dû, pour réussir, contrôler non seulement des aciers, des gaz d'échappement et des turbulences, mais aussi le prix du kérosène, les mouvements des riverains et la démocratisation des transports aériens [68]. » Une telle affirmation laisse perplexe. Peut-on analyser l'innovation uniquement en termes de rapport de forces ? N'y a-t-il pas des facteurs que l'innovateur peut contrôler et d'autres sur lesquels il n'a pas prise ?

En dépit d'affirmations très tranchées, on sent chez Callon et Latour une réelle hésitation sur cette question. A plusieurs reprises [69], ils estiment qu'il convient d'écartier la notion de contexte social, car il est toujours très difficile de distinguer ce qui est interne à une technique et ce qui est externe.

Toutefois, trois types de rapports entre un projet technique et son contexte apparaissent. Première solution, « un projet technique n'est pas dans un contexte, il se donne un contexte [70]. » Dans ce cas, le sociologue doit étudier la genèse simultanée d'un projet et de son environnement. « Si la machine fonctionne parfaitement bien, écrit Madeleine Akrich, elle rend "réaliste" sa définition de l'environnement ; à l'inverse, tout dysfonctionnement peut être lu comme l'intervention d'un facteur inattendu [71]. » Pour qu'une innovation réussisse, elle doit par itérations successives se forger un environnement adéquat.

On trouve aussi chez Latour des références à la situation inverse. « Ou bien Aramis [le projet de métro automatique] se transforme pour tenir son environnement et il gagne en existence, ou bien son environnement lui échappe, il ne l'encaisse plus, il ne le réabsorbe plus, et il perdra en existence^[72]. » La situation s'est donc inversée : ce n'est plus l'acteur stratégique qui adapte son environnement à son projet, mais l'innovateur qui modifie son objet pour tenir compte du contexte. Pour résoudre cette opposition, il suffit d'indiquer que l'innovateur doit agir simultanément sur l'objet et sur le contexte. Faut-il dire pour autant que la séparation entre objet et contexte est vaine ?

C'est là qu'intervient le troisième cas de figure. Nos auteurs expliquent l'échec d'innovations soigneusement préparées (la coulée continue de l'acier, ou le cuir naturel Porvair) par un facteur externe : une évolution économique globale défavorable. « Toute innovation, écrivent-ils, suppose un environnement qui lui soit favorable^[73]. » Il y a donc des éléments de contexte que l'innovateur ne peut pas dominer et auxquels il ne peut pas s'adapter. Même si l'innovateur définit en partie son environnement, celui-ci lui reste toujours extérieur.

En fait, je pense qu'il faut considérer que l'innovateur est face à un dilemme. Il agit et il est agi. Dans son terrain d'action (son laboratoire, son usine, ses campagnes marketing), il développe la technique et fait évoluer le marché. Quand il sort de son cadre d'action, il doit alors jouer avec ce qui lui est imposé,

ruser, être là où on ne l'attend pas, abandonner rapidement une solution en faveur d'une autre. Il lui faut constamment passer d'un niveau à l'autre. S'il reste au premier niveau, une transformation inattendue du marché ou de la technique risque de remettre son projet en cause. Si, au contraire, il s'adapte constamment aux nouveaux états du marché ou de la technique, il ne produira jamais d'innovation importante. L'innovateur doit constamment maîtriser son terrain d'action et il doit perpétuellement le remettre en cause. Comme le navigateur, il lui faut être à la fois totalement maître de ses voiles et de son gouvernail et s'adapter aux évolutions des vents et des courants [74].

Les limites des réseaux

Après cette longue présentation de la nouvelle école française de sociologie des sciences et des techniques, il paraît utile de faire le point. Incontestablement, le grand apport des recherches de Callon et Latour est d'avoir réussi à ouvrir la boîte noire des technosciences, non pas, comme l'école du constructivisme social, pour y lire des conflits sociaux, mais pour étaler les pièces sur la table sans aucun *a priori*, sans hiérarchiser les différents éléments et en essayant de comprendre quelles forces les rapprochent dans un réseau commun.

Le second point fort de cette théorie est de concentrer l'analyse sur quelques moments particuliers du développement technique (controverse ou projet innovatif), et de s'intéresser aussi bien à des projets ayant réussi qu'à des projets ayant échoué. Cette perspective est également celle du constructivisme social et des études de technologie culturelle qui s'intéressent aux mutations dues à la colonisation ou aux transferts de technologie. Ces situations doivent être au cœur de l'étude de l'innovation.

Les périodes de controverse débouchent généralement sur une phase de stabilité. La théorie scientifique ou l'objet technique devient alors une boîte noire qui est utilisée telle quelle, sans que l'on s'interroge sur sa composition. Sur ce point de la stabilité et de la généralisation des artefacts, la thèse de Callon et Latour paraît discutable [75]. Peut-on réduire la question de la rationalité à la capacité stratégique d'un acteur à imposer son choix ? Si ces recherches ont permis de remettre en cause un certain nombre de travaux classiques de sociologie des technosciences qui s'appuyaient sur la notion de connaissance pure ou d'objet technique en soi, en revanche la réponse apportée en termes de rapport de forces ne paraît guère satisfaisante et constitue incontestablement un des maillons faibles de la théorie des réseaux de la technoscience.

Une autre critique que l'on peut faire aux recherches de Callon et Latour est d'éliminer la question de l'intentionnalité des acteurs, au profit d'une simple capacité tactique à saisir les opportunités, à faire des coups, à « resserrer les boulons » du

réseau. Le choix fait par ces deux auteurs de s'axer sur l'étude des controverses a en quelque sorte transformé leur vision du travail scientifique et technique, en le réduisant à une activité de confrontation et de conviction.

Peut-on décrire l'action scientifique ou l'action technique sans la moindre référence à l'intentionnalité, au projet des scientifiques et des ingénieurs ? Si, dans le récit de telle ou telle découverte, on trouve parfois référence à des intentions initiales^[76], la question de l'intentionnalité n'a pas sa place dans le modèle. Cette approche illustre parfaitement ce mot du général de Gaulle dans *Le Fil de l'épée* : « C'est sur les contingences qu'il faut construire l'action^[77]. » J'estime, au contraire, qu'il y a toujours une tension entre projet et opportunité qu'il faut se donner les moyens d'intégrer dans l'analyse.

La nouvelle école française de sociologie des sciences et des techniques refuse également la distinction traditionnelle entre conception technique et diffusion. Mais pour elle, une fois que l'artefact est transformé en boîte noire, la diffusion va de soi et ne l'intéresse guère. Si Callon et Latour évoquent de temps à autres les usagers, ceux-ci n'occupent en réalité aucune place dans leurs analyses. Quant aux constructivistes sociaux, ils donnent la même place aux constructeurs et aux usagers qui s'affrontent au sein de différents groupes sociaux antagonistes. J'ai montré plus haut que si certains de ces groupes avaient une véritable identité, d'autres au contraire n'étaient que des groupes virtuels. Par ailleurs, si concepteurs et usagers

interviennent dans les phases d'élaboration et d'utilisation, leur intervention n'est pas la même dans les deux cas. Il faut d'ailleurs bien convenir qu'à partir du moment où l'on introduit l'usager dans l'étude de la technique, l'hypothèse d'associationnisme généralisé qui est à la base du réseau de Callon et Latour n'apparaît plus tenable. Concepteurs et usagers collaborent certes pour faire vivre un objet technique, mais selon des positions différentes.

Dans ce bilan, il faut également évoquer les questions de méthode. Pour étudier la science (ou la technique) en train de se faire, comme le souhaitent les nouvelles écoles française et anglaise, il convient de bâtir une méthode anthropologique. Latour, par exemple, au début de son ouvrage sur la vie en laboratoire, raconte les tribulations d'un jeune ethnographe débarquant d'Afrique et arpantant le laboratoire *high tech* de Guillemin en Californie. Mais sa perspective ethnographique disparaît en partie par la suite. Son intérêt pour les controverses, pour la littérature scientifique va l'amener à travailler beaucoup plus sur des documents écrits ou par interviews. Dans *La Vie de laboratoire*, l'observation de l'activité scientifique au quotidien ne constitue qu'une partie de l'ouvrage. Latour y présente notamment une remarquable analyse des conversations informelles de laboratoire, des hésitations des scientifiques face à des phénomènes inattendus, du rôle du hasard dans l'élaboration des solutions... Pour le reste, il utilise la panoplie classique de l'historien ou du sociologue qui effectue des études monographiques : analyse systématique des documents écrits (articles, comptes-rendus de

réunion...), interviews. Par la suite, Latour et Callon analyseront des cas de controverses historiques (le conflit Pasteur/Pouchet [78]) ou proposeront des monographies contemporaines (le véhicule électrique, le métro automatique Aramis, l'élevage des coquilles Saint-Jacques). Parfois, pour mieux se distinguer des épistémologues de la science qui, eux, ne traitent que des grands sujets, Latour n'hésite pas, dans son zèle iconoclaste, à traiter les sujets les plus futiles : comment lester les clés des chambres d'hôtel pour éviter que la clientèle ne parte avec [79], ou comment Gaston Lagaffe invente la chatière [80]. Si l'on ne peut que se réjouir que, grâce à Latour, le bricoleur malheureux des bureaux de Spirou puisse avoir sa place dans le Panthéon de l'histoire des sciences, de telles études de cas deviennent néanmoins purement formelles. Elles ne sont que de simples illustrations d'une théorie générale. Louis Quéré note justement que Latour « se trouve soumis à l'obligation de rendre observables, comme entités du monde réel, les attributs invisibles (du genre : stratégies, intérêts, opérations) conférés aux acteurs et aux actions par la formulation théorique [...]. Le propre de ce genre d'analyse des phénomènes est de clore la formulation théorique sur elle-même : le “construit” théorique requiert des indicateurs empiriques pour étayer son caractère de réalité, mais ceux-ci, loin d'être prélevés sur la réalité, sont totalement constitués en fonction du “construit” théorique lui-même [81] ».

Mais revenons à l'approche ethnologique [82]. Latour constate que « l'ethnographe des sciences se heurte à une difficulté de taille : il arrive généralement trop tard sur le théâtre des

opérations et en est réduit à recueillir les anecdotes où l'on raconte rétrospectivement comment telle idée est venue à tel chercheur [83] ». Le chercheur est alors amené à reconstruire les événements, à construire un récit. Se posent alors deux questions : quel est le rôle de l'observateur ? Qu'est-ce qui crée la cohérence du récit ? L'observateur, qui est donc dans la situation de l'historien et que l'on peut donc appeler ainsi, doit délimiter son champ d'analyse. Latour s'en tient au choix des acteurs, il retient le cadre que ces acteurs ont retenu. Il oublie que l'activité de l'historien n'est pas transparente aux choix des acteurs. Que l'historien le veuille ou non, il effectue ses propres choix. Prenons l'un des cas étudiés par Latour : celui de la transmission téléphonique à longue distance. Il développe la thèse que pour résoudre ce problème, ATT a créé à la fin du XIX^e siècle des laboratoires de recherche en embauchant de jeunes physiciens universitaires. Ceux-ci découvrent que la triode (amplificateur électronique) peut devenir un excellent répéteur. Pour ce faire, Latour s'appuie sur des travaux historiques qui ont porté sur la naissance de la recherche à ATT [84]. Au contraire, d'autres historiens qui ont étudié la naissance de la triode montrent que de Forest, qui en est l'inventeur, après avoir utilisé cette lampe électronique en radio, pense à son utilisation en téléphonie et la propose à ATT [85]. On a donc deux chaînes de traduction opposées : physique fondamentale → répéteur dans un cas, radio → téléphonie dans l'autre. Il est curieux que Latour, qui accorde autant d'importance aux controverses scientifiques, ne pense pas qu'il puisse y avoir plusieurs histoires d'un même

événement selon les sources que l'on va utiliser. Et pourtant, comme l'indique Maurice Mendelbaum, « l'historiographie ne naît pas de rien. Elle ne part pas d'une poussière de faits qui attendraient le travail de synthèse pour recevoir une structure : l'histoire naît toujours d'une histoire extérieure qu'elle vient corriger^[86] ». Ainsi, la nouvelle école française de sociologie des sciences et des techniques ne s'applique pas à elle-même les principes méthodologiques qu'elle définit pour étudier les sciences.

On le voit donc, le bilan que l'on peut faire de la nouvelle école française est assez contrasté. D'une part des apports incontestables, d'autre part des difficultés profondes qui font que cette théorie ne me paraît pas adaptée pour étudier les nouvelles techniques et leurs usages. L'impossibilité d'effectuer une réelle observation ethnographique du travail scientifique ou technique nous indique qu'il faut s'appuyer sur d'autres approches pour construire un modèle d'analyse de la technique.

Notes du chapitre

[1] ↑ C'est par exemple sous ce nom qu'apparaissent les deux articles qui traitent de la technique dans l'encyclopédie de l'ethnologie publiée dans « La Pléiade » (Gallimard, Paris, 1968).

[2] ↑ André LEROI-GOURHAN, *Le Geste et la Parole*, I., *Technique et Langage*, Albin Michel, Paris, 1964, p. 210.

[3] ↑ Marcel MAUSS, *Manuel d'ethnographie*, « Petite bibliothèque Payot », Paris, 1967, p. 30-32.

[4] ↑ André LEROI-GOURHAN, *Évolution et technique*, II., *Milieu et techniques*, Albin Michel, Paris, 1950.

[5] ↑ ID., *Le Geste et la Parole*, II., *La Mémoire et les Rythmes*, Albin Michel, Paris, 1965, p. 35.

[6] ↑ *Ibid.*, I., 151.

[7] ↑ *Ibid.*, II., p. 41.

[8] ↑ ID., *Évolution et techniques*, I., *L'Homme et la Matière*, Albin Michel, Paris, 1950 (première édition, 1943).

[9] ↑ André LEROI-GOURHAN, *Évolution et techniques*, II., *op. cit.*, p. 39.

[10] ↑ *Ibid.*, p. 420.

[11] ↑ *Ibid.*, p. 390. Voir également ID., *La Civilisation du renne*, Gallimard, Paris, 1936.

[12] ↑ Melville HERSKOVITS, *Les Bases de l'anthropologie culturelle*, Payot, Paris, 1967, p. 239-241.

[13] ↑ André LEROI-GOURHAN, « L'expérience ethnologique », in Jean POIRIER (éd.), *Éthnologie générale*, Gallimard, « La Pléiade », Paris, 1968, p. 1820-1821.

[14] ↑ ID., *Évolution et techniques*, II., *op. cit.*, p. 361.

[15] ↑ Robert CRESSWELL, « Transferts de techniques et chaîne opératoire », *Technique et culture*, n° 2, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 1983, p. 143-144 (souligné par l'auteur).

[16] ↑ Barrie REYNOLDS, « The Relevance of Material Culture to Anthropology », *Journal of the Anthropological Society of Oxford*, vol. XIV, n° 2, Oxford, 1983, p. 213.

[17] ↑ Voir, par exemple, C. D. LAUGHLIN, « Les artefacts de la connaissance. Une perspective biogénétique structurale du symbole et de la technologie », *Anthropologie et sociétés*, vol. XIII, n° 2, 1983, p. 9-29.

[18] ↑ Pierre GOULETQUER, « A propos de l'article de Jouke S. Wigboldus, "Sait and Crop Production in the Precolonial Central Sudan" », *Technique et culture*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, n° 17-18, 1991, p. 347-348.

[19] ↑ Voir, par exemple, Madeleine AKRICH, « Comment décrire les objets techniques », *Technique et culture*, n° 9, 1987, p. 49-63.

[20] ↑ Voir Josiane JOUËT, « Pratiques de communication : figures de la médiation », *Réseaux*, n° 60, CNET, Paris, 1993, p. 99-120.

[21] ↑ Thomas KUHN, *La Structure des révolutions scientifiques*, Flammarion, Paris, 1983 (édition originale, 1962).

[22] ↑ Pour une présentation de la nouvelle approche sociale des sciences, voir Dominique PESTRE (sous la dir. de), *L'Étude sociale des sciences. Bilan des années 1970 et 1980 et conséquences pour le travail historique*, CHRST, Cité des sciences et de l'industrie, Paris, 1992.

[23] ↑ David BLOOR, *Knowledge and Social Imagery*, Routledge and Kegan Paul, Londres, 1976.

[24] ↑ Harry COLLINS, *Change in Order : Replication and Induction in Scientific Practice*, Sage, Londres, 1985.

[25] ↑ Steve SHAPIN et Simon SCHAFFER, *Léviathan et la pompe à air. Hobbes et Boyle entre science et politique*, La Découverte, Paris, 1994 (édition originale, 1985). On trouvera également la traduction française de différents articles sur des controverses dans Michel CALLON et Bruno LATOUR (sous la dir. de), *La science telle qu'elle se fait*, La Découverte, Paris, 1991.

[26] ↑ Trevor PINCH et Wiebe BIJKER, « The Social Construction of Facts and Artifacts : or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit each Other », in Wiebe BIJKER, Thomas HUGHES et Trevor PINCH (eds), *The Social Construction of Technological System*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1989, p. 30.

[27] ↑ Trevor PINCH et Wiebe BIJKER, *op. cit.*, p. 44.

[28] ↑ *Ibid.*, p. 109 (souligné par les auteurs).

[29] ↑ Louis QUÉRÉ, « Les boîtes noires de Bruno Latour ou le lien social dans la machine », *Réseaux*, n° 36, CNET, Paris, juin 1989, p. 103.

[30] ↑ Trevor PINCH et Wiebe BIJKER, *op. cit.*, p. 34.

[31] ↑ Wiebe Bijker étudie un cas de ce type dans un article sur l'éclairage fluorescent. Il montre comment cet artefact est le résultat d'une négociation entre les constructeurs et les responsables de l'éclairage public. Voir Wiebe BIJKER, « The Social

Construction of Fluorescent Lighting or How an Artefact was Invented in its Diffusion Stage », in Wiebe BIJKER et John LAW (eds), *Shaping Technology/Building Society, Studies in Sociotechnical Change*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1992, p. 75-102.

[32] ↑ Bruno LATOUR et Steve WOOLGAR, *La Vie de laboratoire, la production des faits scientifiques*, La Découverte, Paris, 1988 (première édition en anglais, 1979).

[33] ↑ De son côté, Michel Serres note : « Le désordre est dans l'ordre des choses et l'ordre dans leur exception » ; et, quelques lignes plus loin, à propos de la science : « Sa limite et son bord est ce réel nombreux en désordre, où son langage s'éparpille et se dissout en bruits, son terrain est l'île du réel informé, domaine improbable, pointe d'épinglé où s'ensemence le logos » (Hermès V. *Le passage du Nord-Ouest*, Éditions de Minuit, Paris, 1980, p. 158-159).

[34] ↑ Bruno LATOUR, *La Science en action*, La Découverte, Paris, 1989 (première édition en anglais, 1987).

[35] ↑ Michel CALLON (sous la dir. de), *La Science et ses réseaux, genèse et circulation des faits scientifiques*, La Découverte, Paris, 1989.

[36] ↑ Michel CALLON et Bruno LATOUR, « Unscrewing the big Leviathan : How Actors Macro-structure Reality and How Sociologists Help to Do so », in Karin KNORR-CETINA et Aaron V. CICOUREL (eds), *Advances in Social Theory and Methodology. Toward an Integration of Micro and Macro-Sociologies*, Routledge and Keagan Paul, Boston, 1981.

[37] ↑ Bruno LATOUR, *La Science en action*, op. cit., p. 111.

[38] ↑ *Ibid.*, p. 113.

[39] ↑ *Ibid.*, p. 189.

[40] ↑ Bruno LATOUR, *La Science en action*, op. cit., p. 188.

[41] ↑ Michel CALLON, *La Science et ses réseaux, genèse et circulation des faits scientifiques*, op. cit., p. 179-182.

[42] ↑ « Par traduction on entend l'ensemble des négociations, des intrigues, des actes de persuasion, des calculs, des violences, grâce à quoi un acteur ou une force se permet ou se fait attribuer l'autorité de parler ou d'agir au nom d'un autre acteur ou d'une autre force », écrivent Michel CALLON et Bruno LATOUR, in Karin KNORR-CETINA et Aaron V. CICOUREL, *op. cit.*

[43] ↑ Michel CALLON et Bruno LATOUR, *in* Karin KNORR-CETINA et Aaron V. CICOUREL, *op. cit.*

[44] ↑ Madeleine AKRICH, Michel CALLON et Bruno LATOUR, « A quoi tient le succès des innovations », *Annales des mines*, n° 11, juin 1988, p. 16.

[45] ↑ Bruno LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, La Découverte, Paris, 1992, p. 56.

[46] ↑ Michel CALLON, « Society in the Making : the Study of Technology as of Tool for Sociological Analysis », *in* Wiebe BIJKER, Thomas HUGHES et Trevor PINCH (eds), *op. cit.*, p. 83.

[47] ↑ Michel CALLON, « Society in the making... », *op. cit.*, p. 97.

[48] ↑ *Ibid.*, p. 99.

[49] ↑ Voir, par exemple, le colloque sur les « Réseaux sociaux » organisé en juin 1991 à la Sorbonne.

[50] ↑ Bruno LATOUR, *La Science en action*, *op. cit.*, p. 290.

[51] ↑ Michel CALLON, *La Science et ses réseaux, genèse et circulation des faits scientifiques*, *op. cit.*, p. 22.

[52] ↑ Bruno LATOUR, *La Science en action*, *op. cit.*, p. 296.

[53] ↑ Michel CALLON, *La Science et ses réseaux, genèse et circulation des faits scientifiques*, *op. cit.*, p. 24.

[54] ↑ Bruno LATOUR, « Joliot : l'histoire et la physique mêlées », *in* Michel SERRES (sous la dir. de), *Éléments d'histoire des sciences*, Bordas, Paris, 1989, p. 504.

[55] ↑ Voir Bruno LATOUR, *La Science en action*, *op. cit.*, troisième partie ; et Bruno LATOUR, « Les vues de l'esprit. Visualisation et connaissance scientifique », *Culture technique*, n° 14, 1985.

[56] ↑ Bruno LATOUR, *in* Michel SERRES, *op. cit.*, p. 504.

[57] ↑ *Ibid.*, p. 510-511.

[58] ↑ Pour une critique du point de vue qui consiste à faire des non-humains des acteurs, on pourra se reporter à Harry COLLINS et Steven YEARLEY, « Epistemological Chicken » *in* Andrew PICKERING, *Science as Practice and Culture*, University of Chicago Press, 1991.

[59] ↑ Bruno LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, op. cit., p. 103-104. Voir également Madeleine AKRICH, Michel CALLON et Bruno LATOUR, art. cité.

[60] ↑ Bruno LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, op. cit., p. 149.

[61] ↑ Michel CALLON et Bruno LATOUR, in Karin KNORR-CETINA et Aaron V. CICOUREL, op. cit.

[62] ↑ Michel CALLON, « Éléments pour une sociologie de la traduction », *L'Année sociologique*, PUF, Paris, 1986, p. 169-208.

[63] ↑ Bruno LATOUR, *La Science en action*, op. cit., p. 124.

[64] ↑ Bruno LATOUR et Steve WOOLGAR, op. cit., p. 113.

[65] ↑ Vincent MANGEMATIN, « Compétition technologique : les coulisses de la mise sur le marché », *Annales des mines*, juin 1993, p. 10.

[66] ↑ Michel CALLON, in Wiebe BIJKER, Thomas HUGHES et Trevor PINCH, op. cit., p. 93.

[67] ↑ Michel CALLON, « L'agonie d'un laboratoire », in *La Science et ses réseaux, genèse et circulation des faits scientifiques*, op. cit., p. 190 sq.

[68] ↑ ID., « Pour une sociologie des controverses technologiques », *Fundamenta Scientiae*, vol. 2, n° 3/4, 1981, p. 397.

[69] ↑ ID., « Struggles and Negotiations to define what is problematic and what is not : the Sociologic of Translation », in Karin KNORR-CETINA et Aaron V. CICOUREL, *The Social Process of Scientific Investigation. Sociology of the Sciences Yearbook*, vol. 4, D. Reidel Publishing, 1980 ; et Michel CALLON, in Wiebe BIJKER, Thomas HUGHES et Trevor PINCH, op. cit., p. 100.

[70] ↑ Bruno LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, op. cit., p. 115.

[71] ↑ Madeleine AKRICH, « La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques », *Anthropologie et sociétés*, vol. 13, n° 2, 1989, p. 41.

[72] ↑ Bruno LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, op. cit., p. 173.

[73] ↑ Madeleine AKRICH, Michel CALLON et Bruno LATOUR, art. cité, p. 10.

[74] ↑ Sur ce double registre d'intervention de l'innovateur, on pourra lire Patrice FLICHY, « Une histoire comparée de deux innovations : le vidéotex et le vidéodisque », *Réseaux*, n° 37, CNET, Paris, 1989, p. 81-94 ; et ID., « L'action innovatrice », in Michel FENEYROL et Agnès GUÉRARD (sous la dir. de), *Innovation et recherche en télécommunications*, La Documentation française, Paris, 1994.

[75] ↑ Cet élément des thèses de Callon et Latour a suscité d'abondantes controverses. Voir notamment : François-André ISAMBERT, « Un “programme fort” en sociologie de la science ? », *Revue française de sociologie*, 1985, p. 485-508 ; Pierre THUILLIER, « La science existe-t-elle ? Le cas Pasteur », *La Recherche*, 1987, p. 506-511 ; J. E. MCGUIRE, T. MELIA, « Some Cautionary Structures on the Writing of the Rhetoric of Science », *Rhetorica*, 1989, p. 87-99 ; Raymond BOUDON, *L'Art de se persuader*, Fayard, Paris, 1990.

[76] ↑ Latour écrit par exemple « Guillemin s'était promis au départ de... » (Bruno LATOUR et Steve WOOLGAR, *op. cit.*, p. 115).

[77] ↑ Charles DE GAULLE, *Le Fil de l'épée*, Plon, Paris, 1959, p. 98.

[78] ↑ Bruno LATOUR, « Pasteur et Pouchet : hétérogenèse de l'histoire des sciences », in Michel SERRES (sous la dir. de), *op. cit.*, p. 423-445.

[79] ↑ Bruno LATOUR, Philippe MAUGUIN et Geneviève TEIL, « Comment suivre les innovations ? Le graphe socio-technique », *Annales des mines*, septembre 1990.

[80] ↑ Bruno LATOUR, « Il faut qu'une porte soit ouverte ou fermée... Petite philosophie des techniques », in Jacques PRADES, *La Technoscience. Les fractures du discours*, L'Harmattan, Paris, 1992, p. 27-40. Voir également Bruno LATOUR, *La Clef de Berlin et autres leçons d'un amateur de sciences*, La Découverte, Paris, 1993.

[81] ↑ Louis QUÉRÉ, *art. cité*, p. 112.

[82] ↑ On trouvera une analyse critique des thèses de Latour et Woolgar chez Michael LYNCH, *Scientific Practice and Ordinary Action. Ethnomethodology and Social Studies of Science*, Cambridge University Press, New York, 1993, p. 93-102.

[83] ↑ Bruno LATOUR et Steve WOOLGAR, *op. cit.*, p. 174.

[84] ↑ Lilian HODDESON, « Naissance de la recherche fondamentale à la compagnie Bell », *Culture technique*, n° 10, Neuilly, juin 1983.

[85] ↑ Hugh AITKEN, *The Continuous Wave. Technology and American Radio 1900-1932*, Princeton University Press, Princeton, 1985.

[86] ↑ Maurice MENDELBAUM, *The Anatomy of Historical Knowledge*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1977. Cité par Paul RICŒUR, *Temps et récit*, I., *L’Intrigue et le Récit historique*, Seuil, coll. « Points », Paris, 1991, p. 349.

4. Action socio-technique et cadre de référence

Pour définir une nouvelle approche d'étude de la technique et de ses usages, il faut à nouveau approfondir la réflexion sur l'activité des acteurs, sur les interactions qui s'établissent entre eux et sur le cadre de leurs actions. Deux courants de recherche, l'ethnométhodologie et la sociologie interactionniste, offrent des perspectives intéressantes pour préciser ces différents concepts. Les deux premières sections de ce chapitre seront donc consacrées à ces écoles sociologiques. A partir de là, je pourrai développer mon propre modèle d'analyse de la technique et de ses usages ; j'étudierai notamment les cadres de référence de l'action et ses différentes modalités, stratégique et tactique.

Les formes de l'action scientifique et technique

Il convient tout d'abord de réfléchir à la dynamique interne de l'action scientifique et technique, c'est-à-dire aux interprétations, délibérations, interactions que les acteurs

humains développent face à eux-mêmes ou face aux autres. Dans la mesure où l'ethnométhodologie [1] estime qu'il n'y a pas de rupture fondamentale entre l'action scientifique et l'action ordinaire, il semble d'abord nécessaire de réfléchir aux caractéristiques de cette dernière [2].

Au point de démarrage de la réflexion ethnométhodologique, on trouve des interrogations sur les procédures d'interprétation que les individus mettent en œuvre pour donner un sens à leurs actions et à celles des autres. Tous les objets du monde social, nous dit Alfred Schutz, sont constitués dans un cadre de « familiarité et de connaissance préalable » alimenté par un « stock de savoirs disponibles » qui est socialement constitué [3]. Mais ce savoir typifié est constamment révisable. En définitive, l'ethnométhodologie souhaite répondre à la question suivante, posée par Harold Garfinkel : « Comment les hommes isolés, et pourtant tous impliqués dans une communion curieuse, se débrouillent-ils pour construire, tester, maintenir, altérer, valider, questionner et définir un ordre ensemble [4] ? »

La réponse de Garfinkel peut être résumée, selon John C. Heritage [5], en trois points :

1. la situation d'action n'est pas unifiée en un contexte d'activités standardisé et déterminant ; au contraire, elle est constamment transformable et malléable. L'action et le contexte d'action sont des éléments qui s'élaborent et se déterminent mutuellement ;

2. les normes qui permettent de reconnaître les situations d'action ne sont pas « des patrons rigides ». Elles doivent être considérées « comme des ressources élastiques et révisables qui sont ajustées et modifiées au cours de leur application à des contextes concrets » ;
3. ces normes ne sont pas les moteurs du comportement. L'ethnométhodologie s'intéresse plutôt aux conventions normatives qui sont des ressources essentielles pour rendre intelligibles les cadres de l'action.

Ce type d'approche a été appliqué par Garfinkel à la science. Il s'agit d'une rupture essentielle dans l'approche sociologique. L'objectif n'est plus d'examiner comment les structures sociales influent sur le travail scientifique, ou comment les savants réussissent à convaincre leurs collègues de la validité de leur théorie, il s'agit de s'intéresser au travail scientifique lui-même.

Parfois, comme pour la découverte du pulsar optique, l'ethnométhodologie peut réunir des matériaux d'observation qui lui permettent d'analyser les moments forts du travail scientifique. Dans ce cas, Harold Garfinkel, Michael Lynch et Eric Livingston ont eu accès à l'enregistrement des conversations entre les chercheurs pendant la nuit de leur découverte et à leurs carnets de notes manuscrites. Ils disposent ainsi d'éléments sur l'activité scientifique ordinaire : les gestes, les réglages des appareils, les mesures qui aboutissent, celles qui ne donnent rien, les résultats qui sont utilisés pour bâtir la

théorie, ceux qui au contraire sont considérés comme non signifiants. Les doutes, les incertitudes, l'excitation mentale des acteurs sont également visibles. Par contre, tous ces éléments n'apparaissent pas dans la publication scientifique qui rendra compte de la découverte : « Le pulsar est présenté comme la cause de tout ce qui est vu et dit à son sujet ; il est dépeint comme existant avant et indépendamment de toute méthode pour le détecter [...] les pratiques des observateurs sont “naturalisées” dans l'article [6]. » Ainsi, la « science en action » est bien différente de la « science en représentation », de celle qui apparaît après la découverte [7]. L'approche ethnométhodologique paraît ici très féconde, elle permet de présenter le travail de la recherche qui est ordinairement occulté par les publications scientifiques.

Mais dans la plupart des cas, l'ethnométhodologie qui veut étudier l'activité scientifique a accès à un matériau moins riche : simplement quelques séquences du travail scientifique ordinaire. Certains chercheurs ont ainsi observé le travail de laboratoire au quotidien. Ils ont noté, souvent à l'aide d'enregistrements sonores ou vidéo, l'ensemble des opérations menées par les scientifiques. Ils se sont notamment attachés à analyser l'écart qui existe entre la pratique scientifique ordinaire et les principes de méthode qu'elle s'est fixés. L'objectif n'est pas pour eux de travailler sur l'ensemble d'une innovation scientifique, mais de focaliser l'investigation sur de micro-corpus ou éventuellement de monter quelques « expériences déstabilisantes ». Garfinkel a ainsi demandé à l'un de ses étudiants de manipuler des éprouvettes pour le

compte d'un jeune chimiste paralysé qui était situé à côté de son collègue. L'observation a permis de préciser la place du corps dans le travail de laboratoire. La manipulation est un élément du raisonnement du chimiste, comme la pratique d'un instrument est au cœur de l'activité musicale [8].

Si le travail scientifique en situation ne correspond pas à la description qu'en donne l'article scientifique, peut-on pour autant dire qu'il s'agit du fruit d'un pur bricolage, d'une rencontre plus ou moins inattendue entre différents phénomènes qui vont s'organiser en réseaux, ou, au contraire, y a-t-il une intention, un projet, un plan pour l'action chez le scientifique ?

Pour répondre à cette question, examinons tout d'abord la façon dont on décrit l'action ordinaire. Paul Ricœur estime que, contrairement à un simple mouvement physique, on peut décrire l'action par les éléments suivants : elle implique un *but*, renvoie à des *motifs*. Elle est réalisée par des *agents* dans des *circonstances* spécifiques. « En outre, agir, c'est toujours agir “avec” d'autres : l'interaction peut prendre la forme de la coopération, de la compétition ou de la lutte. Les contingences de l'interaction rejoignent alors celles des circonstances par leur caractère d'aide ou d'adversité [9]. »

Les caractéristiques de l'action des humains qui les distinguent fondamentalement de celle des « non-humains » étant posées, il paraît nécessaire d'examiner plus attentivement les rapports entre les plans d'action et le déroulement de l'action. Lucy

Suchman, qui a travaillé sur cette question à propos des sciences cognitives, développe sur ce point une analyse intéressante. Elle estime qu'on ne peut identifier, comme le font certains tenants des sciences cognitives, le plan d'action à un programme informatique. On ne peut considérer qu'un projet décrit chacune des actions qui vont s'enchaîner séquentiellement. L'ethnométhodologie propose là encore une inversion de l'approche. « Les plans ne décrivent pas le mécanisme par lequel l'action est produite, [...] ils sont plutôt des construits de sens commun, produits et utilisés par les acteurs engagés dans leur pratique quotidienne ^[10]. » Pour expliciter l'idée que « les prévisions ne sont pas les déterminants de l'action ^[11] », mais plutôt des ressources que les acteurs mobilisent, elle prend l'exemple de personnes descendant des rapides en canoë. Il est probable qu'avant d'affronter la rivière, elles s'arrêteront pour élaborer un plan de navigation, mais une fois qu'elles seront dans le vif de l'action, elles oublieront le plan. « Le but du plan n'est pas de vous permettre de descendre les rapides, mais plutôt de vous préparer de telle manière que vous soyez dans les meilleures conditions possibles pour utiliser votre savoir-faire incorporé dont finalement votre succès dépend ^[12] . »

L'exemple du canoë et des rapides peut sembler un peu rudimentaire, quand il ne s'agit plus seulement d'assurer la coordination entre deux individus et la force du courant mais entre un très grand nombre de personnes coopérant dans des grandes organisations fortement technicisées. Aussi est-il intéressant de faire appel à différentes recherches menées sur

les systèmes d'information des grandes entreprises qui aboutissent à des conclusions voisines. Elihu Gerson et Susan Star ont étudié la chaîne de traitement de l'information d'une compagnie d'assurance santé. Ils remarquent que les problèmes à résoudre au quotidien font appel à « des connaissances tacites, non codifiées et souvent non codifiables ^[13] ». Aussi est-il impossible d'anticiper toutes les situations susceptibles de se présenter et de définir la règle applicable dans chaque cas. En situation réelle, les employés doivent articuler, seuls ou en coopération avec d'autres, les diverses informations qu'ils reçoivent pour aboutir à la décision de positionner telle maladie ou tel traitement à tel niveau de remboursement.

Les systèmes d'information ont une double nature. D'un côté, ce sont des systèmes ouverts, car il est impossible de faire une description complète et de planifier tous les cas de figure. D'un autre côté, pour fonctionner, le système doit avoir une clôture partielle, provisoire. « Le problème des systèmes d'information est de développer des moyens qui permettent de réévaluer continuellement leur propre condition de fonctionnement et de se restructurer eux-mêmes au fur et à mesure des circonstances ^[14]. »

De son côté, Mike Robinson, qui a effectué de nombreuses recherches sur l'utilisation des systèmes informatiques dans l'entreprise, estime qu'il ne faut pas considérer que les plans organisationnels ou les programmes de travail sont sans valeur. Mais « les procédures doivent plutôt être considérés comme des conseils que comme un algorithme ^[15] ».

De la négociation entre les mondes sociaux à l'objet frontière

Cette réflexion sur le plan et les procédures d'actions scientifiques et techniques montre à quel point il est nécessaire d'articuler dans une même réflexion action et contexte. On peut dire, avec Joan Fujimura, qu'« il nous faut étudier la science et la société comme à la fois constitutives et conséquences de l'action^[16] ». Les structures sont en effet le résultat d'actions passées qui se sont fossilisées mais sont toujours présentes aujourd'hui. Cette approche, qui est celle de la sociologie interactionniste, doit être maintenant présentée plus en détail. Cette école de pensée s'intéresse non pas à l'étude des faits constitués mais à celle des processus et des actions collectives. Comme le dit Everett Hughes, « la société est synonyme d'interaction, mais interaction avec certaines personnes plutôt qu'avec d'autres^[17] ». Les processus de coordination des activités ne se déroulent pas de façon aléatoire mais en fonction d'éléments contextuels précis.

Au cœur de l'approche interactionniste, on trouve l'idée qu'il y a une tension permanente entre indétermination et structure. « C'est précisément, écrit Anselm Strauss, la nécessité continue d'une réévaluation qui permet l'innovation ; [...] celle-ci se développe dans des situations ambiguës, confuses, mal définies. L'ambiguité crée un défi et fait découvrir de nouvelles valeurs^[18]. » C'est cette indétermination qui laisse

une grande latitude à l'action individuelle, laquelle s'insère d'autre part dans un cadre macro-social qui pèse sur les conditions de l'action.

Cette articulation du micro et du macro-social apparaît dans un concept clé de cette école sociologique, celui de groupe de référence. Tamotsu Shibutani définit cette notion comme « la matrice à travers laquelle chacun perçoit son environnement. [...] En définissant les objets, les autres personnes, le monde et lui-même en interaction avec les autres, chacun peut visualiser son projet d'action et anticiper les réactions des autres ^[19] ». Les groupes de référence partagent des perspectives qui leur permettent une action collective se manifestant par la construction de mondes sociaux. Ces derniers ne sont pas statiques mais évoluent constamment. La participation à ces mondes est également assez fluide, les participants peuvent être plus ou moins engagés dans un monde. Ceux qui sont au cœur d'un monde sont appelés entrepreneurs par Howard Becker ^[20]. Par ailleurs, des individus peuvent appartenir à plusieurs mondes.

Le concept de monde social doit enfin être bien distingué de celui d'organisation. Les frontières d'un monde social sont plus floues et, surtout, les mondes sociaux traversent les organisations. Une institution peut avoir en son sein plusieurs mondes sociaux mais, dans d'autres cas, un monde social peut être commun à plusieurs organisations.

Les différents mondes sociaux vont s'affronter pour la définition d'une question, une pratique professionnelle par exemple, dans des instances spécifiques : les forums [21]. Dans ces forums, « différents sujets sont débattus, négociés, les représentants des différents mondes ou sous-mondes s'affrontent, tentent de se manipuler [22] ». Strauss utilise ce concept pour étudier les différentes thérapies qui s'opposent dans un hôpital psychiatrique. Il parle à ce propos de « champ de bataille » et montre que chacun des mondes sociaux qui s'affrontent propose une organisation spécifique de l'hôpital et plus largement une structuration de l'ensemble de l'activité psychiatrique [23].

Cette approche qui a été utilisée par certains sociologues de la science [24] paraît particulièrement féconde. Elle évite les dérives de certaines théories étudiées précédemment qui laissent entendre que la science se construit soit par hasard, soit en fonction des capacités manipulatrices des scientifiques. La théorie des mondes sociaux et des forums permet d'analyser conflits et négociations dans l'élaboration des artefacts scientifiques et techniques. Par ailleurs, cette théorie reste ouverte puisque le sociologue n'utilise pas de catégories *a priori* mais détermine les mondes sociaux impliqués dans le processus, en fonction de ses enquêtes. Bien entendu, d'autres analystes peuvent contester ses choix et proposer une autre cartographie des mondes sociaux.

L'approche interactionniste permet également d'éviter les impasses d'une sociologie des institutions qui s'intéresse, par

exemple, aux institutions médicales ou scientifiques, mais n'analyse pas ce qu'est la maladie ou la science. Pour ce faire, il faut intégrer dans la recherche d'autres mondes sociaux. Une sociologie de la santé doit prendre en compte les patients, de même qu'une sociologie de la technique doit s'intéresser aux usagers.

Dans l'approche interactionniste, comme nous l'avons vu, le concept de forum est essentiel, c'est le lieu de l'affrontement et de la coopération entre les mondes sociaux. Cette notion a été reprise et précisée par Susan Star et James Griesemer, qui ont étudié la mise en place d'un musée de zoologie sur la côte ouest américaine. Au point de départ de leur analyse, on trouve cette question : comment faire coopérer des acteurs, alors que des nouveaux objets ont des sens différents dans des mondes différents ? Comment réconcilier des significations différentes. Pour résoudre cette question, ils introduisent la notion d'objet frontière. Il s'agit d'objets qui sont positionnés à l'intersection de plusieurs mondes sociaux mais répondent en même temps aux nécessité de chaque monde. « Ils sont suffisamment flexibles pour s'adapter aux besoins et aux nécessités spécifiques des différents acteurs qui les utilisent et sont suffisamment robustes pour maintenir une identité commune [25] »

Dans le cas étudié par Star et Griesemer, il convenait de faire coopérer des scientifiques et des amateurs (qui assuraient une partie de la collecte des animaux), des administrateurs et des bailleurs de fonds... Pour organiser cette coopération, une

idéologie commune s'élabore, c'est celle de la protection du patrimoine naturel californien. Des méthodes de travail sont également mises au point. Les scientifiques souhaitent disposer d'animaux en parfait état de conservation avec un maximum d'information sur leur contexte de vie naturel. Les trappeurs mènent une vie difficile, parfois dangereuse. Il a fallu convenir avec eux de procédures de capture des animaux sauvages tenant compte des contraintes des deux parties, et mettre au point des grilles de recueil d'informations sur l'environnement des animaux. « Ces méthodes constituent une très utile *lingua franca* entre amateurs et professionnels ^[26] . » La coopération est également renforcée par les échanges financiers qui s'établissent entre le musée et les trappeurs.

Nous sommes donc dans un schéma assez différent de celui de la nouvelle sociologie française des sciences. Ce n'est plus un acteur qui cherche à imposer sa propre vision du monde aux autres acteurs dont il a besoin, mais on assiste au contraire à l'élaboration d'un compromis. Le premier modèle est celui « d'une canalisation, d'un recadrage des intérêts des différents acteurs dans un point de passage étroit. » Celui de Star et Griesemer correspond à « une cartographie à plusieurs entrées où sont négociés plusieurs points de passage obligés ^[27] ». Ce second modèle paraît donc plus satisfaisant, à condition de ne pas oublier, comme les constructivistes sociaux (notamment Pinch et Bijker), que tous les acteurs ne jouent pas un rôle identique dans le processus d'élaboration des sciences et des techniques. Dans le cas précédent, ce sont les zoologues qui ont pris l'initiative du musée et non les trappeurs. Je serai amené à

revenir un peu plus loin sur la question de l'initiative de l'élaboration technique.

Le cadre de référence socio-technique

Les approches ethnométhodologiques et interactionnistes nous donnent ainsi un certain nombre d'éléments théoriques pour jeter les bases d'une nouvelle approche de la technique et de ses usages. Celle-ci devra répondre aux quatre objectifs suivants :

1. intégrer dans une même analyse technique et société, sans choisir un terme au détriment de l'autre, comme le fait l'approche de la technologie culturelle qui privilégie la technique, ou le constructivisme social qui fait de la société le facteur déterminant. Il ne s'agit pas d'articuler seulement deux pôles : technique et société, mais de voir comment interfèrent de nombreux mondes sociaux, ceux des ingénieurs et des usagers, des industriels, des exploitants de services, des réparateurs, des commerçants, etc. ;
2. la technique, aussi bien dans sa conception que dans ses usages, doit être au cœur de l'analyse. On ne peut se contenter d'analyser un seul des termes ni surtout, d'étudier inventeurs et consommateurs indépendamment de l'activité

technique qu'ils mènent. Il convient d'aller examiner l'activité des laboratoires au quotidien, comme la pratique de l'usager à domicile ou dans son lieu de travail ;

3. la recherche ne doit pas porter sur le fait technique mais sur l'action technique, sur les intentions, les projets, les délibérations qui précèdent l'action, sur le déroulement de l'action elle-même et surtout sur l'interaction des différents acteurs entre eux, et entre eux et l'objet technique ;
4. ces interactions ne sont possibles que si s'établit une certaine stabilité dans les rapports entre acteurs comme dans les rapports avec l'objet technique, comme dans le fonctionnement même de cet objet. Il nous faut donc être capables de rendre compte des phénomènes de prévisibilité relative de l'acte technique.

Pour présenter mon schéma d'analyse, je partirai de ce dernier point et m'inspirerai d'une réflexion d'Erving Goffman. Celui-ci estime que tout événement social est organisé par un cadre primaire, c'est-à-dire « un cadre qui nous permet dans une situation donnée d'accorder du sens à tel ou tel de ses aspects, lequel autrement serait dépourvu de signification [28] ». Goffman distingue deux types de cadre : le cadre naturel et le cadre social. « Le premier, plus ou moins valide pour toutes les actions, les rapporte à la manipulation du monde naturel à laquelle nous nous livrons toutes les fois que nous devons faire

face aux contraintes spécifiques des phénomènes naturels ; l'autre rend compte des mondes particuliers dans lesquels l'acteur se trouve engagé, mondes d'une grande diversité. Ainsi une partie de dames est pilotée en deux sens différents : elle suppose, d'une part, la maîtrise physique non d'un signe mais du support et, d'autre part, elle appartient à l'univers social des positions et des oppositions qui se construit au cours de la partie [29]. »

Bien que la question de la technique ne soit pas du tout présente dans l'œuvre de Goffman, on peut, me semble-t-il, s'inspirer de cette problématique du cadre de l'action et estimer que toute activité technique se situe dans un cadre de référence. En effet, les acteurs d'une opération technique mobilisent tel ou tel cadre qui leur permet de percevoir, de comprendre les phénomènes auxquels ils assistent et d'organiser leurs propres actions. Contrairement à la notion de « cadres technologiques » utilisée par les constructivistes sociaux et qui est spécifique à chaque groupe social, la notion de cadre de référence que je propose ici est commune aux différents acteurs, mais n'est pas nécessairement unique. Plusieurs cadres de référence peuvent coexister ou s'opposer, mais les acteurs d'une opération technique se situent toujours par rapport à un cadre de référence.

Pour reprendre les concepts de la sociologie interactionniste, on peut considérer que chaque monde social est porteur de son cadre de référence. Mais dès qu'il faut prévoir des interactions entre des acteurs appartenant à des mondes sociaux différents,

s'établit alors un forum pour tenter d'élaborer un cadre de référence commun. Il s'agit d'un cadre frontière propre aux différents acteurs qui collaborent dans une activité technique, aussi bien à la communauté des inventeurs, des ingénieurs et des techniciens qu'à celles des usagers. Ce cadre peut se transformer dans le temps. Il doit être suffisamment rigide pour maintenir la cohérence des acteurs et suffisamment flexible pour tenir compte des projets spécifiques de chacun.

Pour bien préciser cette notion de cadre de référence, plaçons-nous dans la situation du visiteur d'un musée technique ou plus simplement d'un promeneur dans une foire à la ferraille. Il découvre une machine composée de métal et de bois dont il ignore tout, se renseigne et apprend qu'il s'agit d'un dispositif à expédier les pneumatiques. Sans air comprimé, sans manchon pour mettre les lettres, sans réseau de canalisation, cette machine ne peut plus fonctionner. C'est un très bel objet dont on peut mettre en valeur les parties en cuivre ou en bois, que l'on peut exposer pour lui-même, mais qui ne peut plus servir, car il est sorti de son cadre de référence. Si notre visiteur continue à fouiner dans les entrepôts de brocanteurs, il découvrira des objets plus simples qu'il pourra transférer d'un cadre de référence à l'autre. Il pourra, par exemple, trouver un lustre, dans lequel il remplacera les chandelles par des douilles et des ampoules avant de raccorder l'ensemble à une source d'électricité. Pour un objet plus complexe, un tel transfert est impossible. On peut donc dire de façon générale qu'un objet technique sorti de son cadre de référence n'est plus qu'un vestige archéologique. Pour fonctionner, il a besoin d'autres

artefacts techniques auxquels il est consubstantiellement associé. Il a également besoin de mode d'emploi et, plus largement, de savoir-faire. Il lui faut d'autres acteurs humains capables de le réparer, ou de construire de nouveaux objets quand le premier sera définitivement hors de fonctionnement.

Revenons à notre visiteur de la foire à la brocante. S'il trouve une machine qui ne marche plus faute de source d'énergie adaptée, il dira qu'elle est *inutilisable*. Si, au contraire, il découvre un objet cassé ou fortement détérioré, il dira alors qu'il est *hors d'usage*. Pourtant, dans les deux cas, ce n'est pas l'usage qui est en cause, mais bien le fonctionnement de l'artefact technique. S'il y a un tel glissement de langage entre fonctionnement et utilisation, c'est bien que ces deux composantes de l'artefact technique sont liées. Fonctionnement et usage constituent les deux faces d'une même réalité. Le cadre de référence peut donc se subdiviser en deux cadres distincts mais articulés l'un à l'autre, le cadre de fonctionnement et le cadre d'usage. Ces deux cadres ont des liens qui sont analogues à ceux qui unissent le signifié et le signifiant en sémiologie. J'appellerai cadre socio-technique l'union du cadre de fonctionnement et du cadre d'usage. Si l'on garde l'analogie avec la sémiologie, le cadre socio-technique serait de même nature que le signe. Il n'y a aucune nécessité dans l'articulation d'un cadre de fonctionnement et d'un cadre d'usage. Il n'y a ni déterminisme, ni reflet d'une structure par l'autre. Toutefois, les rapports entre fonctionnement et usage ont été construits au cours du temps.

Le cadre de fonctionnement définit un ensemble de savoirs et de savoir-faire qui sont mobilisés ou mobilisables dans l'activité technique. Ce cadre est non seulement celui des concepteurs d'un artefact technique, mais il est aussi celui des constructeurs, celui des réparateurs et également celui des usagers. Ceux-ci peuvent mobiliser ce cadre quand ils veulent « ouvrir la boîte noire », bricoler ou modifier la machine. Mais pour d'autres usagers, ce cadre de référence leur permet tout simplement d'orienter leur recherche de conseil, d'aide. Ainsi tout usager sait que le réseau EDF et le réseau téléphonique transportent des courants électriques fondamentalement différents.

Comme tout cadre frontière, ce cadre a des spécificités pour chacun des utilisateurs. Josiane Jouët décrit les deux niveaux d'implication des utilisateurs, au sein du cadre de fonctionnement dans le cas de la micro-informatique, celui des profanes et celui des professionnels. « Pour la majorité des praticiens profanes, écrit-elle, l'imprégnation de la technique se réduit à l'acquisition de savoir-faire et de notions sommaires, à la maîtrise de l'opérativité de l'outil et à une familiarisation diffuse à la logique informatique. Ces individus sont, pourrait-on dire, des semi-analphabètes de l'informatique ou des alphabètes fonctionnels. Ils ne satisfont pas aux critères d'une alphabétisation réelle car leur niveau de connaissance demeure trop élémentaire. Mais ils ne sont pas non plus désemparés face à l'ordinateur qu'ils emploient pour des applications certes limitées, mais avec aisance. Pour les usagers profanes, la

technique demeure une boîte noire qui n'est qu'un moyen et non un objet de connaissance [30] . »

Usagers profanes et usagers professionnels utilisent malgré tout la même relation fonctionnelle à la machine. Prenons un autre exemple, celui de l'automobile. Le cadre de fonctionnement, qui est celui de la mécanique, limite le champ de possibilités du bureau des études, de l'usine, des garagistes, de l'utilisateur qui souhaite entretenir, voire éventuellement modifier son véhicule. Le cadre de fonctionnement renvoie à différents savoirs (dans ce cas, les principes du moteur à explosion, ceux de la mécanique du roulement) mais également à des savoir-faire (monter et démonter un moteur). Autre élément essentiel, l'activité technique est très largement médiatisée par des outils, des instruments divers. Il n'y a pas de face-à-face direct entre l'homme et la machine. L'individu n'est pas face à la machine avec un grand M mais face à un clavier, à des compteurs, à des outils qui constituent à la fois le cadre de fonctionnement de la technique mais aussi le cadre de son usage. L'étude des interfaces homme-machine, qui est l'une des activités de l'ergonomie, est intéressante à examiner de ce point de vue. La mise au point des interfaces constitue incontestablement l'un des aspects de l'élaboration du cadre de fonctionnement. C'est même l'aspect le plus visible de ce cadre. Mais, en même temps, ces interfaces doivent tenir compte du cadre d'usage. Prenons l'exemple de la définition d'un nouveau terminal téléphonique. Dans ce cas, l'ergonome participera à l'élaboration du clavier – positionnement, taille, intitulé des touches –, mais il devra également faire passer dans l'objet technique les informations

dont on dispose sur les usages, de façon à rendre plus facilement accessibles les fonctionnalités les plus courantes.

Le cadre d'usage ne se limite pas pour autant à l'activité des usagers. Il s'agit plutôt d'une notion qui renverrait à la valeur d'usage des économistes. Le concepteur, comme l'usager, se pose la question de l'usage. Le bureau des études, par exemple, ne se soucie pas seulement du rendement du nouveau moteur qu'il prépare, mais aussi de son utilisation en ville comme sur route. De même, quand on parle usage, on ne peut pas évacuer la technique. Si, contrairement à l'outil de Leroi-Gourhan qui prolonge la main, la machine est coupée du corps, en revanche, comme nous venons de le voir, la question des interfaces concerne également les usages.

Pour mieux expliciter les liens entre le cadre de fonctionnement et le cadre d'usage, il convient d'examiner plus précisément les points d'articulation. Il semble tout d'abord que le concepteur se pose la question des usages en deux temps distincts, usage technique d'une part, usage social de l'autre. Quand Bell décide, en 1875, d'abandonner le projet de télégraphe multiplex (transmission simultanée de plusieurs messages), sur lequel il travaille, pour faire de la téléphonie, il imagine un nouvel usage technique pour un réseau télégraphique : la transmission du son. Mais à cet usage technique peuvent correspondre plusieurs usages sociaux : transmission de la musique, transmission des messages vocaux, conversation à distance. La définition de l'usage technique et celle de l'usage social sont deux questions distinctes. L'une

concerne plutôt le cadre de fonctionnement, l'autre plutôt le cadre d'usage. La définition du télégraphe (optique) donnée par le *Dictionnaire de l'Académie française* en 1835 [31] illustre bien ces distinctions : « Machine de nouvelle invention qui par le moyen de différents signaux [cadre de fonctionnement] transmet au loin et en très peu de temps [usage technique], tout ce qui peut intéresser le gouvernement [usage social]. »

Mais revenons à la séparation cadre de fonctionnement/cadre d'usage. Pour bien préciser sa nécessité, arrêtons-nous un instant sur le problème de la panne. D'un seul coup, la machine « qui marche toute seule » ne peut plus être utilisée. La question n'est plus celle de la tâche à accomplir, du plaisir apporté par l'utilisation. Il faut remettre la machine en marche, ouvrir la boîte noire. L'utilisateur entre alors dans un autre univers de référence. On passe du cadre d'usage au cadre de fonctionnement.

Néanmoins, la coupure entre les deux cadres n'est pas totale, ils sont articulés dans un cadre commun, celui de l'automobile, celui de la micro-informatique. Le lien entre les deux cadres apparaît très nettement dans des situations exceptionnelles où l'un des deux cadres évolue et l'autre reste stable. Prenons l'exemple des transformations successives de la machine à calculer. Dans un premier temps, le changement de cadre de fonctionnement (passage de l'électromécanique à l'électronique) ne modifie pas l'usage. Les touches des premières calculettes sont à peu près identiques à celles des machines électromécaniques. Par la suite, la puissance et la

rapidité de l'électronique ont ouvert des possibilités de calcul nouvelles et le cadre d'usage s'est modifié.

On vient donc de le voir, les cadres de référence peuvent changer. Une voiture qui sert ordinairement à se déplacer peut également être installée au fond d'un jardin et servir de poulailler ou, dans une rue, de barricade. Ce changement du cadre d'usage n'est pas totalement indépendant du cadre de fonctionnement. En effet, c'est probablement parce que la voiture *ne fonctionne plus* qu'elle devient un simple habitacle ; dans le second cas, c'est bien parce qu'elle roule que l'on peut facilement la pousser au milieu de la rue, et parce qu'elle est dotée d'un réservoir à essence qu'elle peut devenir un engin de guérilla urbaine... Malgré tout, de telles transformations du cadre de référence où l'on passe d'un usage standard à un usage hors norme restent bien évidemment exceptionnelles. Elles ont néanmoins l'intérêt pour l'observateur de bien mettre en valeur l'existence d'un cadre de coordination des actions techniques individuelles. Le changement de cadre de référence s'inscrit également dans la dynamique de l'évolution technique. On peut alors assister à des changements du cadre de fonctionnement et des changements du cadre d'usage. Ces deux mouvements, qui ont leur dynamique propre, interagissent l'un sur l'autre, comme dans le cas des machines à calculer.

Ces cadres de référence ne déterminent en aucun cas l'action technique, ils constituent bien plutôt un point d'ancrage, un ensemble de contraintes qui permettent l'activité technique, celle-ci se déroulant librement au sein de ce cadre.

Revenons à Goffman : pour analyser l'interaction communicationnelle en face-à-face, il distingue les contraintes systémiques et les contraintes rituelles. Les premières correspondent « aux conditions et aux dispositifs » permettant de faciliter la transmission efficace de la parole. Les secondes concernent « la façon dont chaque individu doit se conduire vis-à-vis de chacun des autres ^[32] ». Michel de Fornel a repris cette problématique goffmanienne et l'a étendue aux interactions communicationnelles médiatisées, et notamment au cas du visiophone. Aux contraintes de système qui, chez Goffman, dépendent des caractéristiques physiques et cognitives des personnes, il ajoute d'autres types de contraintes liées à l'objet technique ^[33]. La notion de cadre de référence se situe dans la même perspective. Mais elle élargit la question de l'articulation du technique et du social à des situations qui ne touchent pas seulement à l'usage mais également à la conception.

De son côté, Mike Robinson utilise le concept d'« artefact collectif » pour désigner des dispositifs techniques qui permettent d'organiser la coopération entre des individus. Il en étudie notamment deux. Le râtelier à clés d'un hôtel permet de savoir quelles sont les chambres disponibles, si les clients sont rentrés, de leur distribuer des messages, etc. Les fiches de suivi de plan de vol sont l'instrument de coopération des contrôleurs aériens. Les artefacts collectifs ont les caractéristiques suivantes : ils sont prédictibles, ils permettent une information rapide et une communication implicite ^[34], ils constituent le cadre informationnel d'une coopération. Dans ce cas, le cadre

de fonctionnement apparaît comme le support et l'instrument de la coopération.

En conclusion de son article sur le visiophone, Michel de Fornel écrit : « Il nous semble que la sociologie des usages, de même que l'analyse des interactions ont eu tendance à concevoir l'objet technique comme une “boîte noire”. » Les recherches sur les usages « ont tendance à soutenir, implicitement ou explicitement, que les usages sociaux ne sont en aucune manière inscrits dans les instruments eux-mêmes ». A l'inverse, « les études des interactions médiatisées ont tendance quant à elles à ne voir dans les médias qu'un ensemble de contraintes techniques ^[35] ». En définitive, « toutes ces analyses présentent le défaut de laisser en grande partie impensé le statut de l'objet technique par rapport à l'activité communicationnelle ^[36] ».

Louis Quéré, qui appartient au même courant ethnométhodologique français, pose fort bien la question clé d'une étude de la technique au quotidien : « Comment parvenons-nous à hybrider des objets techniques d'un côté, des pratiques sociales, des croyances, des valeurs et des normes de l'autre ^[37] ? » Sa thèse est alors que « les objets sont pourvus d'une “intériorité” (totalement indépendante du fonctionnement opératoire qui définit l'objet technique) par leur incorporation dans nos pratiques sociales et par implantation en eux de nos capacités, de nos usages et des systèmes symboliques qui médiatisent nos pratiques ^[38] ». Pour définir cette intériorité de l'objet technique, Quéré s'appuie sur les travaux de George Mead. Celui-ci, qui est considéré comme

l'un des pères du courant interactionniste, estimait qu'il ne fallait pas traiter les machines comme des objets dotés de qualités propres mais comme des entités qui incorporent certaines caractéristiques de l'usage. Mead décrit ainsi l'interaction entre un objet et l'organisme qui l'utilise : « La chose physique stimule l'organisme à agir comme elle agit sur lui ; l'action de la chose est la résistance de l'organisme à sa pression, telle celle qui surgit quand un objet dur est saisi fermement par la main. La résistance de l'objet est en continuité avec l'effort de la main ^[39] . »

Le fait qu'un sociologue interactionniste comme Mead se soit intéressé à l'objet technique est un point sur lequel il convient d'insister. Il est ainsi l'un des premiers sociologues à bien avoir compris que l'objet n'était pas extérieur au social, qu'il était au cœur de nos sociétés : le lien social est médiatisé par l'objet.

Quéré, quant à lui, prolonge sa réflexion à partir d'une analogie avec la question de l'événement. Comment une occurrence indéterminée acquiert soudain une signification sociale, s'insère dans un réseau de références partagées, suscite telles ou telles réactions ? On peut reprendre cette perspective de l'événement et l'élargir à toute action technique. Quéré s'intéresse essentiellement à la question de l'usage et du discours technique, mais si l'on élargit cette perspective à la conception des machines, on retrouve, me semble-t-il, la notion de cadre de référence.

En résumé, le cadre de référence socio-technique permet de percevoir et de comprendre les phénomènes techniques auxquels on assiste et d'organiser son action et sa coopération avec les autres acteurs. Il est constitué d'un ensemble de savoirs, de savoir-faire et d'artefacts techniques mobilisés dans le déroulement d'une action technique. Le cadre de référence permet de structurer les interactions qu'un individu développe avec les artefacts techniques et avec les autres hommes, organise les interprétations et délibérations que l'individu tient face à lui-même.

Cette notion permet d'éviter les impasses d'une sociologie des usages qui se refuse à « ouvrir la boîte noire », ou celles de la nouvelle école française de sociologie des techniques pour laquelle les usages ne sont qu'un horizon indéterminé des réseaux socio-techniques. De même, la notion de cadre de fonctionnement indique que la flexibilité des réseaux n'est pas infinie, que toutes les combinaisons socio-techniques ne sont pas possibles.

Action socio-technique et innovation

Après avoir étudié la constitution des cadres de référence, et notamment l'articulation du cadre de fonctionnement et du cadre d'usage, il convient, à ce point de l'analyse, d'examiner

l'activité des acteurs de la technique. J'aborderai cette question en deux temps, d'abord au sein de la période d'innovation et d'élaboration du cadre socio-technique, puis dans la période de stabilité, celle de l'action technique ordinaire.

Parmi les acteurs de la technique, on peut distinguer deux groupes : les stratégies et les tacticiens. J'emprunte cette distinction à Michel de Certeau, en en modifiant toutefois l'application, puisque cette coupure oppose pour lui l'écriture à la lecture, la construction de la ville au cheminement et, plus largement, la production à la consommation. La distinction de Certeau s'inspire de la distinction que les linguistes font entre la « langue » (un système) et la « parole » (un acte). « L'acte de dire est un usage *de* la langue et une opération *sur* elle^[40]. » Il change ensuite son référent en passant de la linguistique à la polémologie.

La stratégie « postule *un lieu* susceptible d'être circonscrit comme “*un propre*” et d'être la base d'où gérer les relations avec *une extériorité* [...]. Le “*propre*” est une *victoire du lieu sur le temps*. Il permet de capitaliser des avantages acquis, de préparer des expansions futures et de se donner ainsi une indépendance par rapport à la variabilité des circonstances. C'est une maîtrise du temps par la fondation d'un lieu autonome^[41] ». Au contraire, la tactique est caractérisée par « l'absence d'un propre ». « Elle n'a pour lieu que celui de l'autre. Aussi doit-elle jouer avec le terrain qui lui est imposé^[42] ». Elle est l'art de « faire des coups », le sens de l'occasion.

A l'aide de ces concepts de stratégie et de tactique, nous pouvons distinguer deux types d'acteurs, ceux qui participent à l'élaboration d'un cadre de référence et ceux qui le subissent. Plus profondément, cette distinction stratégie/tactique permet de revenir sur la question des rapports intentionnalité/opportunité/contexte que j'avais abordée dans le chapitre précédent. Latour utilise par exemple la métaphore du Scrabble pour présenter l'innovateur. De même qu'à ce jeu le bon joueur n'est pas celui qui a déjà préparé ses mots à l'avance, mais celui qui profite des opportunités, de même le savant ou l'ingénieur doit avant tout saisir les occasions. Je pense qu'au contraire un acteur technique définit tout d'abord un projet et se dote de moyens pour l'atteindre dans un espace qu'il délimite. Dans cette position, il est stratège. Dès qu'il sort de cet espace, il entre dans un contexte qu'il ne contrôle plus. S'offrent à lui des opportunités qu'il saisit ou qu'il ne saisit pas. Dans cette position, il est tacticien^[43]. Durant la phase d'élaboration des cadres de référence, un même acteur peut être tour à tour stratège et tacticien. Pour le concepteur, la frontière entre la stratégie et la tactique n'est pas celle qui sépare son laboratoire du monde extérieur. Elle traverse son laboratoire. Il peut compter sur tel composant qui se révélera défaillant et il devra alors en choisir un autre. En effet, les cadres de référence de différents artefacts techniques s'emboîtent, se croisent les uns les autres. Ainsi les concepteurs d'un nouveau type de réseau de télécommunications utiliseront-ils des composants ou des câbles pouvant appartenir à d'autres cadres de référence qui peuvent eux-mêmes être en

voie de gestation. Quand Bell et Gray lancent des travaux chacun de leur côté sur le télégraphe multiplex, ils élaborent, l'un comme l'autre, une stratégie. Ils vont également tous les deux être face à une opportunité, celle de transmettre du son. Si Bell la saisira, Gray ne le fera pas immédiatement. La capacité tactique de Bell est incontestable, néanmoins celle-ci n'aurait jamais pu être mise en œuvre s'il n'avait pas élaboré une stratégie au préalable.

Signalons enfin que plus on se situe en amont dans l'histoire d'un artefact technique, plus le jeu entre stratégie et tactique est permanent. Plus on est en aval, plus les acteurs deviennent essentiellement des tacticiens. Enfin, quand le cadre de référence est complètement établi, l'action technique est uniquement tactique. En attendant éventuellement que le cadre de référence ne devienne obsolète et qu'il soit remplacé par un autre, ce qui nécessite évidemment une action de type stratégique...

Dans les actions stratégiques posées pour élaborer un cadre de référence, il faut bien avoir en tête qu'il s'agit de définir un certain nombre de principes permettant une coopération entre des acteurs très différents. Pour reprendre une expression de la sociologie interactionniste, il s'agit de définir un cadre frontière qui doit pouvoir être adopté par le laboratoire, l'usine, les vendeurs, les réparateurs, les utilisateurs.

L'intérêt du concept de stratégie est de montrer qu'un cadre de référence n'est pas, comme une langue, un système donné une

fois pour toutes, mais qu'il est au contraire construit par des acteurs particuliers. Par la suite, les autres acteurs de la technique sont des tacticiens. Ils agissent dans un cadre de référence déterminé et se saisissent de toutes les opportunités pour développer des objets techniques spécifiques. Ainsi, après que Ford eut mis au point la voiture automobile de masse, c'est-à-dire non seulement un objet technique spécifique, la Ford T, mais également un mode de division du travail, la chaîne, et un mode de rémunération des ouvriers, General Motors va diversifier les modèles, intervenant à la fois sur la production et sur l'usage [44]. Si l'on étudie le système fordiste, on peut considérer que Ford est un stratège et les dirigeants de General Motors des tacticiens. En revanche, si l'on change la focale de l'observation pour s'intéresser à la question de la gamme automobile, on peut alors estimer que les dirigeants de General Motors deviennent des stratégies. Ainsi, la distinction stratégie/tactique ne prend son sens qu'une fois située par rapport à tel ou tel type d'action socio-technique.

Comme Ford, le stratège agit à la fois sur le cadre de fonctionnement, le cadre d'usage et leur articulation. Prenons également l'exemple de la querelle qui a opposé Edison et Lumière au moment de la naissance du cinéma. A l'origine, Edison imagine un appareil analogue au phonographe : les images sont disposées en spirales sur un cylindre. L'usage envisagé est celui d'un visionnement individuel. Par la suite, Edison adopte la solution du film perforé. Le premier usage commercial qu'il propose est celui d'un visionnement dans des machines à sous. Les films correspondent à des contenus très

simples (quelques personnages sur un fond noir). Au contraire, Lumière propose un dispositif de projection, ses films sont tournés en extérieur et conçus pour montrer le mouvement. Sur ces points, Lumière l'emportera. Mais le cadre socio-technique du cinéma tel qu'il sera adopté par tous articulera des éléments mis au point par Edison, Lumière et bien d'autres.

Si le cadre de référence finit en quelque sorte par unifier l'action de concepteurs concurrents, *a fortiori*, il constitue le cadre de la coopération de différents acteurs appartenant au même laboratoire, à la même entreprise. Les projets de recherche-développement associent un ensemble très diversifié de savoirs et de savoir-faire qui appartiennent le plus souvent à des équipes différentes d'une même institution. La coopération entre ces différentes équipes est complexe, mais elle ne peut s'établir que si celles-ci, à la suite de conflits et de négociations multiples, se mettent d'accord sur un objet frontière commun. Prenons l'exemple du videotex, sa mise au point a nécessité de faire collaborer ensemble les concepteurs du terminal (le Minitel), des centres serveurs qui fournissent l'information, deux réseaux (le réseau téléphonique puis le réseau de données Transpac) et l'interface entre ces deux réseaux qui est assurée par les points d'accès videotex. Ces points d'accès fournissent également les pages d'accueil que l'utilisateur voit s'afficher sur son Minitel. Toutes ces équipes n'ont pu coopérer que parce qu'elles ont construit ensemble un cadre commun de référence.

La notion de concepteur stratège permet également de rendre compte du fait que l'innovation n'est pas un pur fruit du hasard

et que toutes les entreprises n'ont pas les mêmes atouts dans le développement technique. Il ne faut pas considérer que ce sont les accidents de l'histoire qui déterminent tel ou tel système socio-technique mais que des acteurs stratégiques peuvent jouer un rôle central. Freeman, dans le cadre du projet Sappho (voir chapitre 2), a également montré, sur un échantillon d'entreprises, que celles qui savaient mettre en place les bases d'une stratégie d'innovation grâce à de puissantes équipes de recherche-développement et à une bonne connaissance de leur marché actuel, acquéraient un avantage compétitif par rapport aux autres.

A côté des concepteurs stratégiques, on peut trouver des usagers stratégiques. Ce sont eux qui peuvent préciser les fonctionnalités des outils techniques qu'ils souhaitent utiliser. Il s'agit principalement d'entreprises qui négocient dans un cadre formalisé avec des concepteurs. Ainsi, dans le domaine des centrales nucléaires ou des grands systèmes de communication téléphonique, les laboratoires du constructeur vont-ils être amenés à négocier avec les exploitants de réseaux qui possèdent leurs propres laboratoires. Ceux-ci peuvent donc construire les maquettes des équipements souhaités ou au moins en définir avec grande précision les fonctionnalités. Il en va de même dans le domaine de l'instrumentation scientifique, où le cadre de référence est élaboré en commun par les laboratoires utilisateurs et par les fabricants. Une enquête réalisée par Eric von Hippel^[45] sur plus de cent innovations dans le domaine de l'instrumentation scientifique montre que les trois quarts furent développées à l'initiative des utilisateurs.

Il existe un second cas de figure où l'usager ne vient pas négocier un cadre de référence *ex ante*, mais où il transforme ou même impose un cadre d'usage *ex post*. C'est, par exemple, celui des banquiers des années 1830 qui ont essayé d'utiliser le télégraphe optique pour transmettre de l'information financière. Ils remettaient ainsi en cause le cadre de référence du télégraphe tel qu'il avait été défini depuis la Révolution : transmettre les messages de l'État. Les premières entreprises américaines qui installèrent des ordinateurs dans leurs services administratifs à la fin des années quarante, alors que ceux-ci étaient essentiellement destinés au calcul scientifique, furent également des usagers innovateurs.

Les usagers individuels peuvent enfin se structurer en groupe de pression pour modifier un cadre d'usage. Ce fut le cas, en 1993, des associations d'usagers de la SNCF obtenant la modification du système de réservation Socrate et, plus largement, le retour à un cadre d'usage de type service public ainsi que l'abandon du nouveau cadre envisagé, lequel se voulait analogue à celui de la réservation aérienne. Néanmoins, cette situation d'usager stratège est exceptionnelle quand il s'agit du grand public. Le concepteur négocie ordinairement avec un usager virtuel. Il ne l'a pas en face de lui ; il est simplement confronté à ses propres représentations des usagers.

L'action socio-technique ordinaire

Quand le cadre socio-technique est stabilisé, l'activité des différents acteurs est très différente. Ils doivent s'insérer dans le cadre. Ce sont des tacticiens. Voyons d'abord la situation du concepteur. Pour chaque objet technique spécifique, il a de multiples choix à effectuer. Néanmoins, certaines options alternatives au cadre de référence ne sont pas examinées. Les concepteurs n'y pensent pas naturellement. Un cadre de référence définit les questions pertinentes à étudier (en termes de fonctionnement et d'usage), les développements et les améliorations à réaliser. Il valorise certains savoir-faire, délimite les usages potentiels. Prenons l'exemple, étudié par l'historien Michael Baxandall, du concepteur d'un pont au XIX^e siècle : le projet est de bâtir un viaduc sur l'estuaire de la Forth pour relier l'Écosse à l'Angleterre [46], et le cadre de référence y est donné. C'est celui d'un pont métallique pour chemin de fer. L'ingénieur responsable de la construction, Benjamin Baker, doit réaliser une tâche précise : franchir un estuaire qui a telles et telles caractéristiques de rives, de profondeur, de fond... Le pont doit résister à des vents violents, objectif réputé difficile à atteindre puisqu'un autre pont écossais, celui du Tay, a été renversé lors d'une tempête. L'ouvrage doit enfin permettre la circulation de trains d'un poids déterminé. Face à ce problème, le cadre de référence (Baxandall parle de moyens techniques, de culture technique) indique à Baker différentes options : fer laminé ou acier, pont suspendu à chaînes ou pont à poutre autoporteuse. L'ingénieur choisit non seulement entre ces différentes solutions techniques, mais enrichit également la gamme des possibles en construisant un pont en

encorbellement et en acier. Ces quelques indications montrent bien que le cadre de référence ne détermine pas l'objet technique et n'épuise pas sa description. Pour comprendre la spécificité de l'artefact, pour reconstruire les multiples choix faits par l'ingénieur, il faut constamment examiner les interactions entre les caractéristiques spécifiques et le cadre de référence ou, pour reprendre l'expression de Baxandall, les « termes du problème » et la « culture ».

De nombreux autres acteurs interviennent au sein du cadre de référence. A côté du concepteur, pour des produits de série, on trouve tout d'abord le bureau des méthodes qui doit définir, de façon très précise, l'organisation de la production. Par rapport au cadre de référence global d'un artefact technique, ce bureau des méthodes est en position tactique. Toutefois, par rapport aux opérateurs installés devant les machines, il est en position stratégique puisqu'il fixe le cadre de leur travail. Les opérateurs sont à tous les niveaux en position tactique, face au produit fabriqué comme par rapport aux machines qu'ils servent. Les réparateurs sont également en position tactique. S'ils peuvent ruser avec un cadre de fonctionnement, éventuellement bricoler, ils sont toujours contraints par un cadre.

L'action des usagers

A l'exception des rares usagers stratégies qui, nous l'avons vu, peuvent intervenir dans l'élaboration des cadres de référence, les usagers individuels sont, dans la plupart des cas, des tacticiens. Nous retrouvons là la problématique de Certeau sur les « arts de faire » et les styles de l'action. Ceux-ci « interviennent dans un champ qui les régule à un premier niveau, mais ils y introduisent une façon d'en tirer parti qui obéit à d'autres règles et qui constitue comme un second niveau imbriqué dans le premier ^[47] ». Cet art opératoire consiste donc pour les usagers à agir autrement que la façon définie *a priori* par le cadre d'usage. Certeau, note Luce Giard, montre « qu'il y a une créativité des gens ordinaires. Une créativité cachée dans un enchevêtrement de ruses silencieuses et subtiles, efficaces, par lesquelles chacun s'invente une manière propre de cheminer à travers la forêt des produits imposés ^[48] ».

L'activité de l'usager tacticien constitue une sorte de braconnage. C'est d'abord face au cadre de fonctionnement que l'usager peut faire preuve de ses capacités tactiques, face à une machine qui impose son mode opératoire et qui lui résiste. Comme le note Gilbert Simondon, la machine incorpore l'expérience de ses concepteurs : « Par l'activité technique, l'homme crée des médiations, et ces médiations sont détachables de l'individu qui les produit et les pense ; l'individu s'exprime en elles mais n'adhère pas à elles ; la machine possède une sorte d'impersonnalité qui fait qu'elle peut devenir instrument pour un autre homme ^[49] . » Elle a ainsi incorporé une forme spécifique de fonctionnement. « L'utilisateur doit posséder en lui des formes pour que, de la rencontre de ces

formes techniques avec les formes véhiculées par la machine et plus ou moins parfaitement réalisées en elle, surgisse la signification, à partir de laquelle le travail sur un objet technique devient activité technique^[50]. » Selon Simondon, cette adéquation des formes n'est possible que si la machine est suffisamment ouverte pour que l'utilisateur prolonge l'acte du constructeur en faisant des mises au point, des réglages, des réparations. L'utilisateur doit donc avoir une culture technique suffisante.

On peut, me semble-t-il, prolonger la réflexion de Simondon dans un cadre différent qui ne soit pas seulement celui des outils de production et qui soit adapté à des situations où les connaissances des utilisateurs sont plus restreintes. Dans un tel contexte, comme l'indique Josiane Jouët, « la culture des usagers s'enrichit de traits techniques qui ne constituent certes pas en soi une culture technique mais pénètrent peu à peu les cadres de référence usuels des individus^[51] ».

Dans tous les cas, la machine possède en elle-même, en creux, le projet de l'utilisateur : regarder une cassette vidéo, réchauffer un aliment, mettre en page un texte, etc. A l'inverse, l'usager sait ce qu'il peut demander à la machine, l'ajustement entre elle et lui pouvant éventuellement se faire en deçà des performances techniques. Ainsi, alors qu'une majorité de possesseurs de magnétoscope le programme pour enregistrer une émission de télévision, une forte minorité se contente de glisser la cassette dans l'appareil à l'heure prévue (ou à

l'avance) [52]. Malgré son manque de savoir-faire, cette minorité a trouvé une forme d'ajustement avec la machine.

De nombreuses machines électroniques domestiques disposent d'interfaces inspirées de l'informatique avec affichage et programmation. « Les principes de programmation et de logique séquentielle sont désormais inscrits dans les modes d'emploi des appareils courants et sont devenus, à travers l'expérience empirique, partie intégrante des schèmes mentaux d'un grand nombre d'usagers [53]. » Cet isomorphisme des formes techniques et des formes sociales, J. Jouët le repère également dans le domaine des messageries télématiques conviviales [54]. Le logiciel de communication qui gère le dialogue entre les différents minitelistes structure la conversation au point que cet auteur utilise à ce propos le terme de « locuteur technique ». Dans la messagerie, le dialogue est toujours double puisqu'il s'effectue simultanément avec la machine et avec des partenaires. « L'organisation sociale et la syntaxe technique procèdent d'une imbrication étroite [55]. »

Si donc l'action d'un usager tacticien se situe dans un cadre socio-technique de référence qui définit cette adéquation des formes entre l'utilisateur et la machine dont parlent aussi bien G. Simondon que J. Jouët, il reste néanmoins des marges de liberté assez grandes qui permettent à chacun d'utiliser de façon spécifique un outil technique.

Ces capacités tactiques de l'usager sont évidemment beaucoup plus grandes du point de vue du cadre d'usage. On peut prendre

à ce titre l'exemple des teenagers des années cinquante qui prirent les nouveaux postes de radio à transistor destinés au salon de leurs parents et les placèrent dans leur chambre pour écouter leur musique, le rock. Ils avaient transformé l'usage de la radio : d'un instrument familial, ils avaient fait un instrument individuel. De même, le téléspectateur des années quatre-vingt, muni de sa télécommande, constitue son programme de télévision en sautant d'une chaîne à l'autre : il zappe [56]. Enfin les utilisateurs du traitement de texte créent leur mode spécifique d'écriture en faisant appel à telle ou telle fonction du logiciel [57].

Dans le contexte du dernier tiers du xx^e siècle, où les investissements de recherche-développement et de production sont devenus très importants, les offreurs de nouveaux systèmes techniques mettent souvent en place des expérimentations qui permettent de mieux cerner des usagers pilotes avant la mise définitive sur le marché. Ces primo-usagers, comme ceux de la télématique à Vélizy [58], développent une capacité tactique, voire, disent certains, détournent le système. Les résultats de leurs actions sont mesurés par les « marketeurs » qui, munis de cette information, deviennent de nouveaux stratégies capables de négocier avec les concepteurs la redéfinition du cadre socio-technique. L'usager n'intervient donc pas directement comme acteur stratégique. L'entreprise met en place dans ses services marketing des acteurs capables, à travers des expériences mais aussi des enquêtes sur des pratiques plus standards, d'intégrer les tactiques des utilisateurs dans un cadre socio-technique futur.

Après avoir étudié l'ajustement de l'utilisateur à l'objet technique, examinons la question de la coopération avec les autres acteurs. Pour ce faire, je m'appuierai sur les réflexions conduites dans le cadre de la théorie des conventions. Celle-ci postule que « l'accord entre des individus, même lorsqu'il se limite au contrat d'un échange marchand, n'est pas possible sans un cadre commun, sans une convention constitutive ^[59] ». Quand la coordination des actions doit être assurée entre un petit nombre d'acteurs, la communauté d'expériences ou de vues permet d'identifier sans trop de difficultés le modèle d'action des autres. En revanche, quand le nombre d'acteurs devient indéfini et qu'ils sont placés dans des situations locales différentes, la coordination de ce que Pierre Livet et Laurent Thevenot appellent l'« action ensemble » est assurée par des « objets conventionnels » qui intègrent un savoir collectif. Dans le domaine des objets techniques, il s'agit de modes d'emploi, de plans, de protocoles etc., qui servent notamment de repères en cas de difficulté de coordination. Toutefois, une bonne partie de ces conventions ne sont pas explicites ^[60].

Dans la perspective qui est la mienne, il faut remarquer que ces conventions touchent aussi bien au fonctionnement de l'objet technique qu'à son usage. Prenons le téléphone. C'est une convention de fonctionnement qui distingue deux types différents de sonnerie indiquant à l'utilisateur que la ligne est libre ou occupée. La convention d'usage est de se présenter à son interlocuteur. Par contre, dans les réseaux d'entreprise disposant de terminaux téléphoniques avec barrette d'affichage, sur lequel le nom de l'interlocuteur apparaît, la

convention de sociabilité se modifie : on ne se présente plus. Ainsi dans un artefact communicationnel, comme le téléphone, l'ajustement relationnel peut être assuré par un dispositif de fonctionnement ou par un dispositif d'usage, l'équilibre entre fonctionnement et usage variant d'un appareil à un autre.

La recherche réalisée par Michel de Fornel sur le visiophone permet de bien montrer la place que va occuper l'objet technique dans la coordination d'actions communicationnelles. La conversation visiophonique se situe entre la conversation téléphonique et la conversation en face-à-face. Les usagers qui n'ont pas encore acquis les conventions communicationnelles du visiophone ont tendance à se reporter sur le média déjà maîtrisé : le téléphone. Au lieu de visiophoner, ils se regardent téléphoner. Les autres qui veulent exploiter les ressources de l'image doivent « réapprendre à réaliser de façon compétente » une communication. Comme tout individu social, ils ont appris « à quelle distance de l'autre il faut se situer, quelle hauteur de la voix il faut adopter, quelle gestualité il faut mettre en œuvre » pour mener une conversation en face-à-face, « et ce en fonction d'un ensemble complexe de critères, tels que le contexte environnemental et social, le degré de familiarité avec l'autre... ». Pour mener une conversation visiophonique ils doivent intégrer dans les conventions anciennes « les contraintes de système propres à l'objet technique (se positionner par rapport à la caméra, déterminer à quelle distance se mettre par rapport à elle, utiliser la touche contrôle...) [61] ».

C'est dans les ouvertures de conversation qu'on voit le plus nettement l'évolution des conventions. Les utilisateurs commencent par une ouverture téléphonique (« allô », puis présentation des interlocuteurs) et ils ajoutent une nouvelle séquence de salutations, après la mise en image. Au contraire, les individus expérimentés donnent toute sa place à l'identification visuelle, ce qui nécessite qu'ils aient branché l'image immédiatement. Cependant, si, avec le visiophone, apparaissent des conventions de sociabilité spécifiques qui intègrent tel ou tel élément technique, chaque utilisateur n'en développera pas moins un style visiophonique spécifique, mobilisant les ressources expressives du visage en jouant sur les gros plans ou, s'il se situe plus loin, exploitant une gestuelle personnelle.

Notes du chapitre

[1] ↑ On peut définir l'ethnométhodologie, avec Alain Coulon, comme « la recherche empirique des méthodes que les individus utilisent pour donner sens et en même temps accomplir leurs actions de tous les jours : communiquer, prendre des décisions, raisonner » (*in* Alain COULON, *L'Ethnométhodologie*, « Que sais-je ? », PUF, Paris, 1993, p. 26).

[2] ↑ Sur cette question, voir « Les formes de l'action », sous la direction de Patrick PHARO et Louis QUÉRÉ, *Raisons pratiques*, n° 1, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, Paris, 1990.

[3] ↑ Alfred SCHUTZ, « Common Sense and Scientific Interpretations of Human Action », *in Collected Papers*, vol. 1, Martinus Nijhoff, La Haye, 1962, p. 7. Cité par John C. HERITAGE, « L'ethnométhodologie : une approche procédurale de l'action et de la communication », *Réseaux*, n° 50, CNET, Paris, 1991, p. 96.

[4] ↑ Harold GARFINKEL, « The Perception of the Other : a Study in Social Order », thèse de doctorat non publiée (1952), cité par John C. HERITAGE, *art. cité*, p. 97.

[5] ↑ John C. HERITAGE, *art. cité*, p. 109-110.

[6] ↑ Harold GARFINKEL, Michael LYNCH et Eric LIVINGSTON, « The Work of a Discovering Science Construed with Materials from the Optically Discovered Pulsar », *Philosophy of the Social Sciences*, n° 11, 1981, p. 131-158.

[7] ↑ Ce point est également largement souligné par Bruno Latour et Steve Woolgar (voir chapitre précédent).

[8] ↑ Pour une présentation de l'expérience de Garfinkel et une synthèse des recherches ethnométhodologiques dans le domaine de la science, voir : Michael LYNCH, Eric LIVINGSTON, Harold GARFINKEL, « Temporal Order in Laboratory Work », in Karin KNORR-CETINA, Michael MULKAY (eds), *Science Observed : Perspectives in the Social Study of Science*, Sage, Londres, 1983, p. 205-238. On pourra se reporter également au livre de Michael LYNCH, *Scientific Practice and Ordinary Action. Ethnomethodology and Social Studies of Science*, Cambridge University Press, New York, 1993.

[9] ↑ Paul RICŒUR, *Temps et récit*, I., *L'Intrigue et le Récit historique*, *op. cit.*, p. 110. Voir également l'article de Paul RICŒUR in Dorian TIFFENEAU, *La Sémantique de l'action*, CNRS, Paris, 1977, p. 21-63.

[10] ↑ Lucy SUCHMAN, « Plans d'action. Problèmes de représentation de la pratique en sciences cognitives », in Patrick PHARO et Louis QUÉRÉ, *op. cit.*, p. 157.

[11] ↑ *Ibid.*, p. 159.

[12] ↑ *Ibid.*, p. 158.

[13] ↑ Elihu GERSON and Susan STAR, « Analyzing Due Process in the Work place », *ACM Transactions on Office Information Systems*, vol. 4, n° 3, juillet 1986, p. 265.

[14] ↑ *Ibid.*, p. 267.

[15] ↑ Mike ROBINSON, « Design for unanticipated use... », in Giorgio DE MICHELIS, Carla SIMONE and Kjeld SCHMIDT, *Proceedings of the Third European Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993, p. 189 (traduction française in *Réseaux* n° 69, CNET, Paris, 1995).

[16] ↑ Joan FUJIMURA, « On Methods, Ontologies and Representation in the Sociology of Science : Were Do we Stand », in David MAINES, *Social Organization and Social*

Process. Essays in Honor of Anselm Strauss, Aldine de Gruyter, New York, 1991, p. 222. On trouvera dans ce texte une bonne présentation de l'approche interactionniste sur la science et une intéressante critique des thèses de Callon et Latour.

[17] ↑ Cité par Isabelle BASZANGER, « La tradition interactionniste et la sociologie des sciences et des techniques », in Dominique PESTRE (éd.), *L'Étude sociale des sciences. Bilan des années 1970 et 1980 et conséquences pour le travail historique*, op. cit., p. 56.

[18] ↑ Anselm STRAUSS, *Mirrors and Masks : the Search for Identity*, San Francisco Sociology Press, 1969, p. 26 (cité par Joan FUJIMURA, op. cit., p. 209) (traduction française Miroirs et Masques, Anne-Marie Métailié, Paris, 1992).

[19] ↑ Tamotsu SHIBUTANI, « Reference Groups as Perspectives », *American Journal of Sociology*, 1955, p. 564.

[20] ↑ Howard BECKER, *Outsiders : Studies in the Sociology of Deviance*, Free Press, New York, 1963 (traduction française, *Outsiders : études de sociologie de la déviance*, Anne-Marie Métailié, Paris, 1985).

[21] ↑ Je traduis ainsi *arena*. J'ai préféré le terme de forum qui est employé dans le monde technique pour désigner des lieux de débat des problèmes de standardisation à la traduction littérale « arène » parfois utilisée.

[22] ↑ Anselm STRAUSS, « A Social Worlds Perspective », in Norman DENZIN, *Studies in Symbolic Interaction Greenwich*, JAI Press, 1978, p. 124. Article traduit en français dans Anselm STRAUSS (textes réunis par Isabelle Baszanger), *La Trame de la négociation : sociologie qualitative et interactionnisme*, L'Harmattan, Paris, 1992.

[23] ↑ Cité par Adele CLARK, « Social Worlds/Arenas Theory as organizational Theory », in David MAINES, op. cit., p. 129.

[24] ↑ Voir, par exemple, Adele CLARK, « A Social Worlds Research Adventure. The Case of Reproductive Science », in Susan COZZENS and Thomas GIERYN (eds), *Theories of Science in Society*, Indiana University Press, Bloomington, 1990, p. 14-42.

[25] ↑ Susan Leigh STAR et James GRIESEMER, « Institutional Ecology, Translations and Boundary Objects : Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology (1907-1939) », *Social Studies of Sciences*, vol. 19, Sage, Londres, 1989, p. 393.

[26] ↑ *Ibid.*, p. 407.

[27] ↑ *Ibid.*, p. 390.

[28] ↑ Erving GOFFMAN, *Les Cadres de l'expérience*, Éditions de Minuit, Paris, 1991, p. 30.

[29] ↑ *Ibid.*, p. 32-33.

[30] ↑ Josiane JOUËT, « L'informatique “sans le savoir” », *Culture technique*, n° 21, juillet 1990.

[31] ↑ *Vocabulaire de l'Académie*, 1835.

[32] ↑ Erving GOFFMAN, *Façons de parler*, Éditions de Minuit, Paris, 1987, p. 19.

[33] ↑ Michel DE FORNEL, « Contraintes systémiques et contraintes rituelles dans l'interaction visiophonique », *Réseaux*, n° 29, CNET, Paris, 1988, p. 33-46. Voir également ID., « Le cadre interactionnel de l'échange visiophonique », *Réseaux*, n° 64, CNET, Paris, 1994.

[34] ↑ Mike ROBINSON, *op. cit.*, p. 190-195.

[35] ↑ Michel DE FORNEL, « Contraintes systémiques et contraintes rituelles dans l'interaction visiophonique », *art. cité*, p. 45.

[36] ↑ *Ibid.*, p. 46.

[37] ↑ Louis QUÉRÉ, « Espace public et communication, remarques sur l'hybridation des machines et des valeurs », in Pierre CHAMBAT, *Communication et lien social*, Descartes, Paris, 1992, p. 31.

[38] ↑ *Ibid.*, p. 32.

[39] ↑ George H. MEAD, « The Physical Thing », in *The Philosophy of the Present*, 1932, cité et traduit par Louis Quéré.

[40] ↑ Michel DE CERTEAU, *L'Invention du quotidien*, I., *Arts de faire*, UGE-10/18, Paris, 1980, p. 82. Souligné par l'auteur.

[41] ↑ Michel DE CERTEAU, *op. cit.*, p. 85.

[42] ↑ *Ibid.*, p. 86.

[43] ↑ Dans le langage de Lucy Suchman, on pourrait dire que la prévision d'action est du côté de la stratégie et l'action du côté de la tactique, ou que la stratégie est une ressource pour la tactique.

[44] ↑ David HOUNSHELL, *From the American System to Mass Production*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1984.

[45] ↑ Eric VON HIPPEL, *The Sources of Innovation*, Oxford University Press, New York, 1968.

[46] ↑ « Le pont sur la Forth », in Michael BAXANDALL, *Formes de l'intention*, Jacqueline Chambon, Nîmes, 1991, p. 37-71.

[47] ↑ Michel DE CERTEAU, *op. cit.*, p. 76.

[48] ↑ Luce GIARD, *Présentation de la nouvelle édition des « Arts de faire »*, Gallimard, Paris, 1990.

[49] ↑ Gilbert SIMONDON, *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier, Paris, 1989, p. 245.

[50] ↑ *Ibid.*, p. 250.

[51] ↑ Josiane JOUËT, « Pratiques de communication et figures de la médiation », *Réseaux*, n° 60, CNET, Paris, 1993, p. 103.

[52] ↑ Voir Nicole ARNAL et Alain BUSSON, « Vers de nouvelles pratiques audiovisuelles », *Réseaux*, n° 60, CNET, Paris, 1993, p. 142-150.

[53] ↑ Josiane JOUËT, « Pratiques de communication et figures de la médiation », *art. cité*, p. 102.

[54] ↑ Josiane JOUËT, « Une communauté télématique : les Axiens », *Réseaux*, n° 38, CNET, Paris, 1989.

[55] ↑ Josiane JOUËT, « Pratiques de communication et figures de la médiation », *art. cité*, p. 110.

[56] ↑ Gisèle BERTRAND, Chantal DE GOURNAY et Pierre-Alain MERCIER, « Le programme global », *Réseaux*, n° 32, CNET, Paris, 1988.

[57] ↑ Serge PROULX (sous la dir. de), *Vivre avec l'ordinateur, les usagers de la micro-informatique*, G. Vermette, Québec, 1988.

[58] ↑ Sur ce point, voir Jean-Marie CHARON et Eddi CHERKI, « Vélizy ou les premiers pas de la télématique grand public », *Cahiers du CPE*, n° 37-1, Ministère de l'Industrie, Paris, 1984.

[59] ↑ Jean-Pierre DUPUY, François EYMARD-DUVERNAY, Olivier FAVEREAU, André ORLÉAN, Robert SALAIS, Laurent THÉVENOT, « L'économie des conventions », *Revue économique*, vol. 40, n° 2, mars 1989 ; voir également Alain RALLET, « La théorie des conventions chez les économistes », *Réseaux*, n° 62, CNET, Paris, 1993.

[60] ↑ Pierre LIVET et Laurent THÉVENOT, *L'Action collective*, colloque « L'économie des conventions », Paris, mars 1991, p. 22 à 29.

[61] ↑ Michel DE FORNEL, *Usages et pratiques du visiophone à Biarritz : objet technique, cadre interactionnel et sociabilité ordinaire*, CNET, Paris, 1991, p. 126.

III. Une histoire socio-technique

5. Le temps de la technique

Si, pour les individus qui mènent des actions techniques, le cadre de référence dans lequel ils se situent paraît stable, il est au contraire mobile dès que l'on change d'échelle de temps, que l'on ne s'intéresse plus à l'action socio-technique ordinaire, mais à l'émergence de la nouveauté dans la technique ou dans les usages. Il convient alors d'étudier comment naît un cadre socio-technique, en sachant qu'il restera ensuite relativement stable, jusqu'à ce qu'il soit remplacé par un autre. Comme le note Laurent Thévenot, « la différenciation des régimes d'ajustement permet de distinguer le moment du chemin faisant sur lequel se concentrent les économistes de la *path-dependency*, du moment du jugement par référence à des conventions arrêtées. Ce dernier suppose, à l'inverse, de détacher la convention de la contingence de son histoire dont le rappel risquerait de briser l'efficace ^[1] ». Si, à la fin du chapitre précédent, j'ai examiné l'action socio-technique dans un contexte de « conventions arrêtées », je me propose maintenant d'étudier la genèse de ces conventions.

En passant ainsi de l'étude de l'action socio-technique à celle de la constitution des cadres de référence, on change non seulement de terrain d'observation (des interactions ordinaires à un ensemble innovatif), mais également de méthodes d'analyse. Comme le note Paul Ricœur, il existe un écart

important entre la théorie de l'action et la théorie de l'histoire. Si le langage de l'action, qui associe action et intention, est indépendant de l'issue de l'action, il n'en est pas de même pour le récit historique : « Dans la mesure où la mise en perspective temporelle du passé met l'accent sur les conséquences non voulues, l'histoire tend à affaiblir l'accent intentionnel de l'action^[2]. » Comme le note Arthur Danto, « l'enjeu principal de l'histoire n'est pas de reconnaître les actions comme pourraient le faire des témoins, mais comme le font les historiens, en relation à des événements ultérieurs et en tant que parties de touts temporels^[3] ».

Le récit historique, comme tout autre récit, est gouverné par sa manière de finir. C'est donc une autre conception du temps que celle des acteurs pour lesquels celui-ci s'écoule du passé vers le futur. « C'est comme si la récollection inversait l'ordre dit "naturel" du temps. [...] Nous apprenons à lire le temps lui-même à rebours comme la récapitulation des conditions initiales d'un cours d'action dans ses conditions terminales^[4] ».

Le travail de l'historien consiste à repositionner différents événements les uns par rapport aux autres pour construire une totalité signifiante. Paul Veyne estime plus précisément que l'explication historique se construit selon les trois lignes du hasard, de la cause matérielle et de la liberté^[5]. Une fois qu'il est achevé, le récit de l'historien risque cependant de produire cette « illusion rétrospective de fatalité » dont parlait Raymond Aron^[6]. Pour éviter cet écueil et « restituer au passé l'incertitude de l'avenir^[7] », il convient de construire par

l'imagination un cours alternatif des événements et de comparer évolution réelle et évolution imaginaire. Cette méthode, que Max Weber appelle imputation causale, permet de « saisir la relation qui existe entre les éléments essentiels de l'événement et certains éléments pris dans l'infinité des moments déterminants [8] ». Pour Weber, l'application de cette méthode constitue un élément essentiel du travail de l'historien. Si celui-ci « communique au lecteur sous la forme du récit le résultat logique de ses jugements historiques de causalité sans donner le détail de ses sources d'information [...], son exposé ne serait qu'un roman historique et non une relation scientifique si le solide squelette de l'imputation causale manquait à l'arrangement extérieur de la présentation artistique [9] ».

La méthode wébérienne nous amène à nous poser la question de la causalité en histoire. J'ai présenté, dans le chapitre 2, quelques travaux historiques qui défendent la thèse d'une causalité directe entre la technique et l'organisation sociale. Ces travaux ont suscité des controverses d'autant plus vives que certains d'entre eux reposaient sur une notion de la causalité venant des sciences de la nature qui associe la régularité à la causalité : toutes les fois qu'un événement A se produit en un certain temps et en un certain lieu, un événement B se produira en un temps et un lieu associés. A cette vision nomologique de la causalité, tout un courant d'épistémologie de l'histoire oppose une autre vision de la causalité. Ricœur estime que l'historien cherche « à quels égards les événements considérés et leurs circonstances diffèrent de ce avec quoi il serait naturel

de les grouper sous un terme classificatoire [...]. L'historien procède non du terme classificatoire vers la loi générale, mais du terme classificatoire vers l'explication des différences ». Mais cette explication « relève du jugement plutôt que de la déduction. Entendant par jugement la sorte d'opération à laquelle se livre un juge quand il pèse des arguments contraires et prend une décision. De la même façon, expliquer, pour un historien, c'est défendre ses conclusions contre un adversaire qui invoquerait un autre ensemble de facteurs pour soutenir sa thèse. Cette manière de juger sur des cas particuliers ne consiste pas à placer un cas sous une loi, mais à regrouper des facteurs éparpillés et à peser leur importance respective dans la production du résultat final. L'historien ici suit la logique du choix pratique plutôt que celle de la déduction scientifique [10] ».

L'histoire socio-technique à laquelle je vais faire appel dans la suite de ce livre n'est pas l'histoire traditionnelle des dates d'inventions ; dans la perspective de l'école des Annales, je m'intéresserai autant à la micro-histoire, celle d'une invention ou d'un laboratoire, qu'à la longue durée chère à Fernand Braudel, celle des paradigmes techniques ou des mentalités. Mais cette « histoire immobile » ne devient histoire que quand elle prend en compte les mutations, les ruptures. De même que toute action socio-technique est située dans un cadre de référence, de même l'approche historique qui m'intéresse est celle qui circule de l'étude précise du travail de l'inventeur à celle des grands courants d'évolution de la technique et du social qui vont structurer les cadres de référence.

Cette histoire des cadres de référence sera présentée en trois étapes. J'examinerai tout d'abord, dans ce chapitre, comment les historiens économistes intègrent le temps à leurs analyses de la technique. Dans le chapitre suivant, j'étudierai comment l'élaboration des cadres de référence s'articule avec les imaginaires d'une époque, me situant alors du côté de l'histoire des mentalités. Enfin, je reprendrai ces différents éléments dans un dernier chapitre qui proposera une approche unifiée de la genèse des cadres de référence.

Si j'ai retenu dans le présent chapitre trois analyses du temps correspondant à des approches économiques différentes, je serai également amené à faire quelques incursions chez les historiens et les philosophes [11]. J'envisagerai en premier lieu la manière dont certains économistes étudient les choix technologiques pour expliquer comment se fixe un cadre de référence ou, pour reprendre le vocabulaire de la nouvelle sociologie de la technoscience, comment l'on passe d'une controverse à une boîte noire. Après avoir abordé cette question du choix technologique étudié dans la courte durée, j'examinerai des phénomènes de plus longue durée. Comment s'accumule l'expérience technique ? Comment évolue-t-elle pas à pas ? Telles sont les premières questions à résoudre. Mais il en est d'autres : comment des ruptures fortes apparaissent-elles ? Comment passe-t-on d'un cadre de référence à l'autre, d'un paradigme à l'autre ?

Temps et choix technologique

Nous avons vu précédemment (cf. chapitre 1) que dans l'analyse néo-classique standard, la technique était un facteur exogène qui n'intéressait guère l'économiste. Au contraire, les économistes classiques intégraient la technique dans leurs analyses. Toutefois, classiques et néo-classiques se rejoignent sur un point : la technique évolue de façon continue par une série de modifications ou d'améliorations mineures. Qu'on le considère comme endogène ou exogène, le progrès technique est un facteur essentiel de la croissance économique. Si, chez Karl Marx, l'évolution économique et sociale est constamment confrontée à des contradictions, à des conflits et à des luttes, en revanche la dynamique des forces productives (c'est-à-dire notamment celle de la technique) est en croissance continue. Pour Alfred Marshall, fondateur du courant néo-classique ^[12], le changement technique, qui est de nature incrémentale, est également continu.

A côté des théoriciens « standards », il existe quelques économistes hétérodoxes qui ont insisté sur les discontinuités du progrès technique. Schumpeter est probablement le plus connu. J'étudierai plus loin ce qu'ont produit ses disciples contemporains et, plus largement, le courant évolutionniste qui s'est intéressé autant aux trajectoires technologiques qu'aux ruptures. Mais un autre groupe d'économistes contemporains considère l'évolution technologique comme si peu continue et

naturelle qu'il a mis la question des choix technologiques au cœur de ses recherches. Ce courant, constitué de micro-économistes, estime que l'on ne peut expliquer par la seule « main invisible » du marché le succès d'une technique par rapport à une autre. Contrairement à l'approche économique dominante qui considère que l'individu (producteur ou consommateur) est seul face à son environnement, l'école de la compétition technologique se situe dans une autre vision de l'économie qui s'intéresse aux interactions entre les agents, chacun d'entre eux ne connaissant que les aspects locaux de l'économie qui le concernent directement. Ajustement et coordination entre les agents se réalisent uniquement à ce niveau local. Dans une telle conception, le choix technologique des agents économiques dépend moins de l'état global du marché que de la position de leur groupe de référence. En reprenant les concepts élaborés dans le chapitre précédent, on peut dire que l'activité technique se déroule toujours dans un cadre de référence, ce cadre n'étant pas universel mais spécifique à chaque groupe social. On comprendra que plus on se situe en amont dans le développement technique, plus on trouve de micro-groupes (des équipes de recherche) qui élaborent des cadres de référence distincts. Quand les nouveautés techniques arrivent sur le marché, certains cadres de référence se confrontent à d'autres. Dès lors, des équilibres plus globaux apparaissent. Toutefois, la segmentation des marchés au niveau géographique ou social fait que les choix technologiques ne deviennent pas forcément universels. Diverses techniques, différents standards peuvent coexister.

Cette analyse des choix techniques, qui combine choix décentralisés et interactions entre agents, ne remet pas seulement en cause la perspective d'un choix universel et optimal fourni par la main invisible du marché, mais également l'idée partagée par la plupart des ingénieurs et des scientifiques selon laquelle il existe à un moment donné une technique et une seule qui soit optimale. Autrement dit, la théorie précédente remet en cause non seulement la rationalité du marché mais également la rationalité technologique. Il n'y a pas de solution technique naturelle et universelle mais des solutions diverses et construites dans un jeu complexe d'interactions. Comme l'écrit Dominique Foray « on ne choisit pas une technologie parce qu'elle est plus efficace, mais c'est parce qu'on la choisit qu'elle devient plus efficace ^[13] ». Brian Arthur, qui est l'un des principaux chercheurs américains se réclamant de ce courant, estime que cinq facteurs expliquent l'attractivité croissante d'une nouvelle technologie quand sa diffusion s'accroît.

– *L'apprentissage par l'usage* ^[14]. Plus une technique est utilisée, mieux on apprend à s'en servir, plus on optimise son utilisation, plus elle devient performante. Nathan Rosenberg, qui fut le premier à signaler cet effet, note à propos de l'industrie aéronautique que, « durant la commercialisation d'un nouvel avion, la réduction des coûts d'utilisation dépend essentiellement du fait qu'on apprend progressivement la performance du système et des composants. Elle correspond donc à la compréhension croissante du potentiel du nouveau dispositif ^[15] ». Au surplus, l'apprentissage ne permet pas de

découvrir seulement de nouvelles potentialités techniques, mais également de nouveaux usages. Ainsi, au début du téléphone, on utilisait essentiellement le nouveau média pour transmettre des messages. Ce n'est que par la suite que le téléphone est devenu un instrument de conversation, de visite à distance [16].

Enfin, « l'apprentissage par l'usage, écrit Foray, change progressivement la façon dont la technologie est évaluée, comparativement aux technologies rivales. Une technologie nouvelle est en effet toujours évaluée à l'aide de critères de performance propres à la technologie existante, à laquelle elle est appelée à se substituer. En d'autres termes, la technologie ancienne impose à la technologie nouvelle ses propres normes d'évolution économique, élaborées par référence à ses qualités naturelles, introduisant par là une sorte de biais au moment de l'exercice du calcul économique. [...] L'introduction des matériaux composites dans l'automobile a ainsi été freinée par la mauvaise soudabilité de ceux-ci. Or il s'agit d'un critère de comparaison qui n'est valable que dans le cadre d'une conception "métallurgiste" du véhicule [17] ».

– *Les économies externes de réseau.* Ce mécanisme économique désigne le fait que l'utilité d'une technique croît quand le volume des adoptants augmente. C'est, par définition, le cas des techniques de réseau comme les télécommunications. Ainsi, l'utilité du téléphone ou du télécopieur croît à chaque fois que le nombre d'abonnés au service augmente. Dans une situation de concurrence sur une même zone géographique, entre deux

réseaux téléphoniques qui ne sont pas interconnectés, la compétition entre les deux compagnies portera ainsi sur l'étendue des interlocuteurs potentiels. Cet espace ne se mesure pas seulement de façon quantitative mais également de façon qualitative. C'est ce qu'avait bien compris la compagnie Bell Canada quand elle proposa, en 1880, à tous les médecins de Montréal un raccordement spécial au téléphone. Quelque temps plus tard, les abonnés de la société concurrente avaient migré vers le réseau Bell Canada. Ils souhaitaient en effet pouvoir téléphoner à leur médecin [18]. Le Minitel constitue un autre cas exemplaire d'externalité directe, puisque n'importe quel service peut être atteint depuis n'importe quel terminal.

A côté de cet effet d'externalité directe, on trouve des effets indirects. Ainsi, plus un nouveau moteur automobile est répandu, plus on trouve de points de vente du nouveau carburant ; de même, plus un standard de magnétoscope est diffusé, plus on peut se procurer de cassettes vierges ou enregistrées à ce standard.

– *Économies d'échelle, apprentissage par la pratique productive.* Une technique largement diffusée doit être produite en grande série. On peut alors mettre au point des dispositifs de production spécifiques qui permettent d'importantes économies d'échelle. A ce phénomène on peut ajouter celui d'apprentissage par la pratique productive [19]. Dans ce cas, on ne fait plus référence à l'augmentation des séries, mais à l'accumulation dans le temps d'expériences de production qui permettent de réduire les coûts. Tous ces phénomènes ont été

étudiés depuis longtemps par les économistes [20]. L'originalité de la nouvelle école du changement technique est de montrer que ces transformations des conditions de production modifient la diffusion potentielle de la nouvelle technique. Contrairement aux théories que nous avons vues dans le premier chapitre, il n'y a plus ici de coupure entre production et diffusion.

- *Rendement croissant d'information*. Plus une technique se diffuse, plus elle sera connue. La crainte d'avoir à « essuyer les plâtres » disparaît, la circulation de l'information favorise une extension de la diffusion. Nous retrouvons là les théories économiques et sociologiques sur la diffusion de la technique. Certains chercheurs de la nouvelle école du changement technique, comme Robin Cowan [21], précisent cette analyse. Ils expliquent que la rentabilité d'une technique est inconnue ou, du moins, mal connue à son démarrage. Au fur et à mesure de son développement, les incertitudes sur le rendement de la technique s'estompent. Nous trouvons là un nouveau facteur de renforcement de la diffusion.
- *Complémentarités techniques*. « Une invention ne fonctionne jamais isolément, écrit N. Rosenberg. L'histoire de la technique présente de nombreux cas où la productivité de chaque invention est dépendante de la disponibilité des techniques complémentaires [22]. » On trouve chez les historiens des techniques de nombreux exemples de cette articulation entre techniques. Rosenberg cite le cas de l'électricité, qui pour Edison était un véritable système [23]. Bertrand Gille, quant à lui, oppose par exemple les « filières techniques », qui réunissent

différents produits intervenants successivement dans le processus de production, et les « systèmes techniques », dans lesquels les cohérences sont beaucoup plus complexes et interactives. « Si la sidérurgie, écrit-il, utilise la machine à vapeur, celle-ci a besoin d'un métal de plus en plus résistant pour supporter les hautes pressions puis la surchauffe [24]. » Machine à vapeur et sidérurgie font donc partie du même système technique.

Dans la perspective de Brian Arthur, nous pouvons retenir deux points sur la question des complémentarités techniques. Tout d'abord, plus une technique est adoptée, plus elle attirera des techniques connexes qui la rendront plus attractive. Par ailleurs, le développement d'une technique peut dépendre d'événements extérieurs qui renforceront sa croissance. Cette question est très importante, car si en présentant les points précédents j'ai surtout insisté sur les aspects d'autorenforcement d'une technique au cours de son développement, il est également important de prendre conscience qu'il y a aussi des événements extérieurs qui interviennent dans ce cheminement.

L'ensemble des cinq mécanismes décrits ci-dessus constitue ce que B. Arthur appelle le rendement croissant d'adoption [25]. Et c'est justement par cette hypothèse de rendement croissant, de dynamique des techniques, qu'il se distingue de la théorie économique standard. Dans celle-ci, on n'étudie la diffusion d'une technique que quand elle est définitivement constituée. Les rendements ne peuvent donc être que décroissants, puisque

les *inputs* nécessaires à la production deviennent plus rares. Dans cette perspective, l'économiste ne s'intéresse guère à la dynamique des choix techniques, ceux-ci étant fixés une fois pour toutes. La nouvelle école du changement technique accorde, quant à elle, une place fondamentale au temps, à la succession des choix (qui concernent autant la conception que la diffusion). « En régime de rendement croissant d'adoption, écrit D. Foray, c'est l'histoire (et non pas la science ou la technique) qui décide [26]. » En effet, par l'accumulation des apprentissages, des effets de réseaux ou de taille, les décisions individuelles des agents économiques engendrent des rétroactions positives. L'attractivité d'une technique, son devenir dépendent donc de son passé, des différentes étapes qu'elle a parcourues. Il s'agit d'une situation économique dépendante du chemin parcouru (*path-dependent*).

Paul David [27] estime que l'on peut assimiler cette évolution dynamique à un arbre. A chaque bifurcation, l'agent économique est confronté à un choix technique. Au début, chaque choix est assez largement aléatoire, mais une fois qu'une solution a été retenue par un grand nombre d'acteurs, l'accumulation des apprentissages la rend relativement définitive. Les choix qui interviennent en amont du processus (près du tronc) ont évidemment des implications beaucoup plus importantes pour l'avenir que ceux qui ont lieu en aval (près des branches terminales). Ce processus est donc à la fois aléatoire et déterministe. La compétition technologique est imprédictible (l'issue ne peut être prédite sur la base des informations disponibles au démarrage) et inflexible [28] (il

arrive un moment où une technique l'a emporté de façon définitive sur les autres. On parle alors de verrouillage technologique) [29]. B. Arthur, de son côté, voit ainsi l'articulation de deux phénomènes : « D'une part, les choix entre techniques alternatives sont affectés par le nombre d'individus ayant opté pour chaque solution au moment des choix ; [...] d'autre part, des événements mineurs, exogènes, peuvent influencer le processus, de telle façon qu'on doit admettre un élément de hasard [30]. » En ce qui concerne l'influence des taux d'adoption précédents, B. Arthur précise par ailleurs que ce qui est important est moins la répartition des alternatives techniques sur le marché à l'instant de la décision que les anticipations faites par les acteurs. « Par conséquent, si avant l'adoption un nombre suffisant d'agents économiques estiment que le complexe A aura le plus grand nombre de choix, il l'aura. Si au contraire l'opinion dominante est que B l'emportera, il le fera effectivement [31]. »

Cette dialectique déterminisme/hasard débouche, comme nous l'avons vu, sur une situation de domination technologique, d'autant plus stable que des investissements importants ont été réalisés, qui perdraient toute utilité si l'on décidait de retenir une autre alternative technologique. Mais cet équilibre technique ne s'établit pas forcément à l'optimum. B. Arthur constate : « Si une technique est intrinsèquement meilleure qu'une autre (selon un indicateur donné de bien-être économique), mais a été incapable par “malchance” de conquérir de premiers utilisateurs, le résultat final de la

compétition ne sera pas celui qui fournirait le bénéfice maximum [32]. »

Paul David [33] fut l'un des premiers historiens économistes à étudier ce phénomène de domination non optimale avec l'exemple du clavier de machine à écrire QWERTY. Ce clavier mis au point aux États-Unis dans les années 1870 avait été choisi parce qu'il évitait que les barres supportant les caractères de la machine à écrire ne s'emmêlent. L'objectif était de ralentir la cadence de dactylographie. Ce clavier fut retenu par Remington, qui le modifia légèrement pour permettre aux démonstrateurs de frapper aisément et rapidement le mot « *type-writer* ». Toutes les lettres de ce mot se trouvant en effet sur la première ligne du clavier. Preuve était administrée que contraintes techniques et contraintes commerciales pouvaient faire bon ménage !

Avec l'arrivée des machines à écrire électriques puis des ordinateurs, ce clavier perdait toute justification. Dvorak proposa dans les années trente un autre clavier qui permettait une productivité de 20 % à 40 % supérieure. Malgré plusieurs tentatives, le système de Dvorak ne put cependant jamais s'imposer [34].

Robin Cowan [35] donne un exemple équivalent dans le domaine du nucléaire civil. Les États-Unis ont retenu la filière à eau pressurisée. Celle-ci avait été choisie à l'origine pour réaliser le réacteur très compact du sous-marin nucléaire *Nautilus*. Cette solution déjà expérimentée dans ce cadre fut transférée dans le

domaine des centrales électriques quand l'administration américaine voulut lancer un programme nucléaire civil. En pleine guerre froide, la cohérence de la politique nucléaire militaire et civile semblait s'imposer. *Ex post*, il apparaît que la filière à eau pressurisée n'est pas la plus efficace et que d'autres solutions (uranium naturel et eau lourde, graphite-gaz) se seraient révélées plus adéquates pour les centrales nucléaires. D. Foray commente ainsi l'impact de la première commande de réacteurs militaires : « Cet événement est accidentel du point de vue du processus dynamique, en ce qu'il précipite celui-ci définitivement vers un de ses bassins d'attraction. Il n'est pas accidentel en revanche du point de vue du contexte historique, par rapport auquel la décision prise est sans doute cohérente [36]. »

Nous touchons là un point central des rapports entre économie et histoire. Dès lors que les nouveaux économistes du changement technique déclarent que l'histoire est l'élément déterminant qui modèle les formes prises par la technique, peuvent-ils se contenter de rejeter dans l'accidentel tout événement autre que la croissance de l'adoption et tout le cortège d'apprentissage qui l'accompagne ? Si l'on intègre l'histoire à son analyse, ne faut-il pas le faire complètement et tenir compte du contexte ? C'est ce que fait Paul David dans certains de ses travaux. « A mon sens, écrit-il, la science économique ne pourra être source de satisfactions intellectuelles que si elle devient une science sociale historique [37]. » David a, par exemple, étudié l'introduction de la moissonneuse en Angleterre. Il montre que si elle a été

adoptée beaucoup plus lentement qu’aux États-Unis, c’est à cause des particularités du paysage agricole. La dimension des champs, les accidents du terrain créaient des obstacles à la mécanisation qui n'existent pas dans les grandes plaines américaines [38]. Dans un autre article, il pose la question du rôle des acteurs humains dans le développement technique. Il se place aux origines d'une technique, quand plusieurs options sont ouvertes. « Dans une telle situation, je pense, écrit-il, que des agents économiques individuels ont, pendant quelque temps, le pouvoir essentiel d'orienter le flux des événements suivants le long d'un chemin plutôt qu'un autre [39] » ; et il ajoute : « Quelques caractéristiques importantes du riche environnement technologique qui nous entoure sont probablement les conséquences non prévues d'actions anciennes de héros ou de brigands [40]. » L'importance de ces héros positifs ou négatifs que l'on appelle parfois inventeurs vient du fait qu'il y a une indétermination *ex ante* des choix techniques, et qu'il existe plusieurs alternatives. Cette perspective s'oppose à celle de l'analyse systémique et à sa vision quasi déterministe. « Une fois réalisées les premières découvertes, écrit par exemple Bertrand Gille, tout ou presque tout allait de soi. Les distorsions entre les divers stades de la fabrication poussaient d'elles-mêmes aux inventions complémentaires : il y a alors une sorte d'enchaînement pour rétablir des équilibres détruits [41]. »

Mais revenons à P. David. Non seulement il s'oppose à la vision du déterminisme technique, mais il intègre le rôle des acteurs humains. Il réalise ainsi le programme de travail fixé par Pierre

Dockès et Bernard Rosier, celui d'une économie historique : « Il nous semble qu'au hasard et à la nécessité il faut encore ajouter le troisième cordon de la tresse, le vouloir humain individuel et collectif qui se développe au sein de multiples conflits^[42]. » Pour illustrer son propos, David choisit un exemple étrange, celui du passage, au tournant des années 1880-1890, du courant continu au courant alternatif. A première vue, cet exemple semble infirmer ses thèses. A la fin des années 1880, les réseaux de courant continu étaient suffisamment développés dans les villes de la côte est des États-Unis pour que l'on puisse assister à un verrouillage technologique et que le courant alternatif ne s'impose pas. Ce « non-verrouillage » est d'autant plus étonnant que la plupart des historiens de l'électricité nous rapportent qu'Edison s'est battu avec énergie pour défendre le courant continu, n'hésitant pas à utiliser des arguments de mauvaise foi. C'est ainsi qu'Edison et ses collaborateurs, qualifiés de « West Orange Gang » par certains historiens, firent campagne pour persuader l'État de New York de substituer en matière de peine capitale l'électrocution par courant alternatif à la pendaison. Par la suite, ils firent une campagne publique sur les dangers du courant alternatif. Dans leur littérature, Westinghouse (nom du constructeur de système alternatif) était devenu synonyme d'électrocution^[43] ! Les historiens en concluent généralement que même le grand Edison pouvait être aveuglé par ses passions et refusait de voir où était la solution technique optimale. Mais en définitive, estiment-ils, le plus grand inventeur du XIX^e siècle ne pouvait pas résister au mouvement du progrès technique.

L'interprétation de David est évidemment toute différente. Notons tout d'abord que, pour les contemporains, l'issue de la bataille des courants n'était pas du tout évidente. Le système Edison était composé de petits réseaux urbains de courant continu d'environ un à deux kilomètres de diamètre autour de la centrale. La technique du courant alternatif proposait l'installation de réseaux beaucoup plus étendus, la transmission étant assurée par du courant alternatif à voltage élevé (les pertes en ligne étant ainsi diminuées).

Au début de la controverse, le courant alternatif présentait plusieurs inconvénients. Le rendement de la production d'énergie (les alternateurs) était inférieur, et les machines moins adaptées pour répondre aux pointes de consommation. Il n'existant pas de compteur en courant alternatif. Enfin, alors que les tramways électriques étaient en pleine expansion, il ne se trouvait pas de moteur électrique en courant alternatif. Notons que, parallèlement, des progrès furent faits en courant continu, et que la transmission de courant à voltage élevé fonctionnera à la fin des années 1880, non point aux États-Unis, mais en Europe.

Edison, pour lutter contre le courant alternatif, ne va pas développer les possibilités du courant continu, mais se lancer dans une bataille médiatique et juridique. L'hypothèse de P. David est qu'Edison a décidé de se retirer du marché de l'électricité, qu'il souhaite vendre dans les meilleures conditions ses actifs pour développer ses laboratoires et réinvestir dans des secteurs à rentabilité à plus court terme : le phonographe et

le cinéma. Sa bataille pour le courant continu ne consiste pas à développer cette voie technique, mais à discréditer l'alternative, de façon à pouvoir vendre son réseau en situation favorable.

Le dénouement technologique de cette controverse fut la constitution d'un système mixte avec des parties en courant alternatif et d'autres en courant continu, ce second sous-ensemble du réseau disparaissant petit à petit. On voit ainsi qu'un acteur peut adopter une position non pas parce qu'elle lui paraît juste ou efficace, mais simplement pour défendre ou mieux valoriser son patrimoine industriel (brevets, investissement, etc.).

En conclusion de cette présentation des travaux de la nouvelle école de la compétition technologique, je voudrais revenir à la phrase déjà citée de D. Foray : « En régime de rendement croissant d'adoption, c'est l'histoire (et non pas la science ou la technique) qui décide. » Cette ouverture de l'économiste de la technique sur l'histoire me paraît très prometteuse. Mais une telle affirmation a aussi ses exigences. S'il faut, pour reprendre l'expression de R. Aron, « restituer au passé l'incertitude de l'avenir », il convient d'examiner constamment les options alternatives. Contrairement à la vision dominante, l'histoire technique n'est pas un flot continu et certain, mais une série de bifurcations et d'incertitudes. C'est une perspective qui est au cœur du raisonnement de nos nouveaux économistes. Leur problématique du « choix dépendant du chemin parcouru » me paraît nouvelle ^[44] et importante. Elle permet notamment de

comprendre comment se fixe un cadre de référence, comment il se verrouille et devient une convention qui organise l'activité technique des différents acteurs.

En revanche, il y a un point où l'on sent de réelles hésitations dans la position des économistes du changement technique : c'est sur l'étendue des phénomènes historiques à étudier. Faut-il se contenter d'observer la technique et sa diffusion et considérer tous les autres phénomènes comme des événements aléatoires ? Faut-il au contraire élargir l'investigation ? En effet, plus les économistes pratiquent l'histoire, comme le fait P. David, plus leurs centres d'intérêt se diversifient. Ils souhaitent prendre en compte des histoires individuelles développant comme celle d'Edison des stratégies spécifiques qui dépassent le domaine technique. Par ailleurs, il convient, comme le fait R. Cowan avec l'évolution de la guerre froide et l'organisation de la recherche militaire aux États-Unis, d'intégrer des pans d'histoire plus générale. Dans la perspective qui est la mienne, celle de l'analyse des cadres de référence socio-techniques, il est clair qu'il faut élargir la perspective historique à des durées plus longues, mais également à des phénomènes très divers : nécessité technique, impératifs politiques, représentations sociales, etc.

Une dernière remarque sur la perspective de la compétition technologique : il faut rappeler que toutes les périodes de l'histoire ne sont pas aussi fécondes en potentialités de choix, réaffirmer que certaines solutions retenues très en amont auront des conséquences pendant très longtemps, alors même

que les contraintes qui justifiaient ces choix auront disparu depuis longtemps. A l'inverse, il faut se garder d'une vision déterministe du phénomène de « dépendance du chemin » qui laisserait entendre que, dans le développement d'une nouvelle technique, le premier arrivant est sûr de l'emporter. On pourrait en effet citer beaucoup d'exemples, comme celui de l'électricité présenté plus haut, ou c'est le deuxième système, ou la troisième norme qui finalement l'emporte.

L'évolutionnisme

Comme l'indiquait D. McCloskey dans un article bilan [45], « quarante années d'investissement dans la mathématisation de l'analyse économique et de désinvestissement de son “historisation” ont rendu moins acceptable pour un économiste d'admettre son ignorance en mathématique qu'en histoire [46] ». Malgré cette évolution dominante de l'économie, un certain nombre d'économistes ont continué à s'intéresser à l'histoire. Indépendamment du courant d'analyses de la compétition technologique dont nous venons d'étudier les travaux plus haut, il existe un autre courant dont les préoccupations sont davantage macro-économiques, qu'il s'agisse d'économistes dits évolutionnistes, ou des néo-schumpétériens et des chercheurs qui étudient les cycles longs de l'activité économique. Tous ces auteurs mettent la technique et l'histoire au centre de leurs analyses.

Nathan Rosenberg, qui est aux États-Unis l'un des principaux historiens-économistes, écrit : « Le point central de mon analyse est que le progrès technologique n'influence pas l'économie uniquement par la grande porte mais également par de nombreuses portes latérales. A côté des grandes révolutions technologiques, on trouve également de nombreuses mutations discrètes, inattendues, ignorées et peu citées^[47]. » Prenons le cas du bateau à vapeur. Il va intégrer au cours de son évolution les progrès de la machine à vapeur, ceux de l'acier. Si nous regardons plus attentivement le système de propulsion, on remarque que c'est par tâtonnements successifs que l'hélice trouve sa forme définitive.

Cette vision d'un progrès technique cumulatif n'est pas propre aux technologies du XIX^e siècle. On peut également la noter sur les techniques de pointe contemporaines. « La plupart des développements dans les ordinateurs universels, note Kenneth Knight, résultent de petites améliorations invisibles, mais quand elles se combinent les unes avec les autres, elles créent le fantastique progrès qui existe dans ce domaine depuis 1940^[48]. »

Cette problématique du progrès technique au niveau micro se retrouve également chez les économistes américains évolutionnistes. Richard Nelson et Sidney Winter, les chefs de file de ce courant, distinguent deux types d'actions en matière de recherche technique au sein de la firme. D'une part, l'invention est contingente et incertaine. D'autre part, une fois qu'elle a été produite, elle modifie les connaissances possédées

par l'entreprise. « Quelque chose a été appris au sein d'une classe ou d'un “voisinage” de techniques [49]. » Ces phénomènes d'apprentissage se déroulent différemment selon les firmes et il y a sans doute là une explication du fait que le progrès technique n'a pas le même effet sur toutes les entreprises. Les économistes évolutionnistes ont donc l'ambition de construire une théorie qui fasse le lien entre une analyse de l'invention et une analyse macro du progrès technique. Ils s'intéressent notamment aux procédures de recherche et aux règles de décision au sein de la firme. Au niveau micro, le changement technique « est lié au processus d'apprentissage et aux propriétés d'une sorte de “main évolutionniste” ». Dans un environnement en mutation rapide, indiquent Giovanni Dosi et Luigi Orsenigo, la « main évolutionniste » joue un peu le même rôle que la « main invisible du marché » chez les économistes classiques. « Elle sélectionne et organise la diversité constamment générée par le changement technique et institutionnel. Elle est d'ailleurs plus puissante, car elle n'est pas entièrement invisible, elle est constituée par des techniques et des institutions visibles, elle ne sélectionne pas seulement *ex post*, elle enseigne et guide également *ex ante* [50]. » Ainsi, contrairement à la fameuse métaphore d'Adam Smith, la « main évolutionniste » n'est pas un simple principe général, elle intervient de façon précise dans l'activité technique. Nous retrouvons la notion de cadre de référence qui structure l'activité technique quotidienne.

On l'a dit, la question de l'évolution de la technique ne se pose pas seulement dans un cadre de référence stable, mais

également pendant sa genèse. Cette autre forme d'évolutionnisme est au cœur d'une recherche philosophique originale et isolée, celle de Gilbert Simondon, dans son ouvrage *Du mode d'existence des objets techniques*. L'objet technique, écrit Simondon, « n'est pas telle ou telle chose, donnée *hic et nunc*, mais ce dont il y a genèse ^[51] ». En définissant l'objet technique par sa genèse et son évolution, Simondon s'oppose à l'approche classificatoire qui, nous l'avons vu, est présente chez de nombreux anthropologues de la technique. L'être technique « ne peut être l'objet d'une connaissance adéquate que si cette dernière saisit en lui le sens temporel de son évolution ^[52] ».

L'objet technique primitif est « la traduction physique d'un système intellectuel ^[53] ». Au début, sa forme est « abstraite », c'est-à-dire que chaque partie est traitée comme un absolu. Les premiers problèmes techniques à résoudre sont ceux de la compatibilité entre ces ensembles. Petit à petit, l'ingénieur va faire converger ces différentes fonctions en une unité structurale. Cette convergence a deux causes, l'une économique : diminution des coûts par standardisation des pièces, mais surtout une nécessité interne liée à « des exigences proprement techniques : l'objet ne doit pas être autodestructif, il doit se maintenir en fonctionnement stable le plus longtemps possible ^[54] ». « L'objet technique progresse par redistribution intérieure des fonctions en unités compatibles, remplaçant le hasard ou l'antagonisme de la répartition primitive ; la spécialisation ne se fait pas fonction par fonction mais synergie par synergie. » On aboutit alors à un objet technique « concret », « celui qui n'est plus en lutte avec lui-même, celui

dans lequel aucun effet secondaire ne nuit au fonctionnement de l'ensemble [55] ».

Le projet initial de l'inventeur a été modifié par ce processus de « concrétisation » : « Chaque pièce, dans l'objet concret, n'est plus seulement ce qui a pour essence de correspondre à l'accomplissement d'une fonction voulue par le constructeur, mais une partie d'un système où s'exercent une multitude de forces et se produisent des effets indépendants de l'intention fabricatrice [56] . »

L'objet technique concret acquiert ainsi une force et une solidité interne qui rendent difficile sa remise en cause. En important ce type d'analyse dans mon propre modèle, on peut dire que cette phase de concrétisation est un élément essentiel de la constitution du cadre de fonctionnement. On passe ainsi d'un cadre abstrait à un cadre concret. Le premier est objet de débats et de controverses, le second est verrouillé. Simondon nous permet ainsi de préciser cette phase de verrouillage technologique que nous avons vue précédemment. Il ne s'agit pas d'un pur hasard. Elle n'est pas seulement le résultat de l'action d'un individu exceptionnel comme Edison, mais également le fruit d'un processus particulier : la concrétisation.

Pour saisir toute la richesse de l'approche généalogique impulsée par des économistes historiens ou par des philosophes, il faut enfin être bien conscient du fait qu'un nouvel objet technique est rarement seul. Il prend souvent place dans une grappe d'innovations. Tout particulièrement,

lorsqu'on veut examiner le développement d'une innovation ou son impact, il faut étudier le système dans lequel elle prend place. J'ai parlé précédemment de la querelle qui a opposé Edison à Westinghouse à propos de l'électricité. Les différents travaux historiques américains menés sur cette période montrent bien que les deux inventeurs ont raisonné en termes de système. Edison, par exemple, met au point simultanément l'ampoule électrique, un générateur, un réseau de transport et un compteur. L'éclairage électrique ne commence à prendre forme qu'à la suite de l'articulation de ces quatre composantes [57].

Rupture et changement de paradigme

Le changement technique présenté par le courant évolutionniste apparaît comme un mouvement continu, cumulatif, une suite d'innovations incrémentales. Si, au contraire, on met l'accent sur d'autres événements, l'histoire technique apparaît caractérisée par l'incertitude, la discontinuité, c'est une suite d'innovations radicales. Manifestement, l'approche évolutionniste a du mal à rendre compte de cette seconde perspective. Dans une perspective évolutionniste, la question des origines est très largement ignorée. Si Simondon affirme qu'une lignée technique a bien

une origine (« un commencement absolu », écrit-il) [58], il nous dit peu de chose de cette genèse. Aussi l'économiste Giovanni Dosi complète-t-il la perspective évolutionniste par l'introduction de la notion de paradigme technique. Il s'inspire explicitement des théories de Thomas Kuhn sur la science que j'ai déjà évoquées précédemment. Celui-ci distingue deux états de la science : la science normale et la révolution scientifique. Au sein d'un paradigme établi, le « scientifique normal » affine l'élaboration conceptuelle et mesure la concordance des faits et de la théorie. Quand apparaissent un certain nombre d'anomalies que le paradigme existant ne réussit pas à expliquer, on entre alors dans une période de crise qui sera résolue par l'apparition d'un nouveau paradigme, lequel finira par faire l'unanimité de la communauté scientifique. Pour Kuhn, l'évolution de la science (science normale-crise-nouveau paradigme) se déroule de façon relativement autonome à l'intérieur du milieu scientifique. Un paradigme est d'ailleurs moins un ensemble de théories qu'un mode de structuration de la communauté scientifique [59].

Dès 1973, dix ans avant Dosi, l'historien Edward Constant a utilisé cette notion de paradigme technologique. Dans la théorie de Kuhn, le processus de changement de paradigme commence avec la conscience d'une anomalie, « c'est-à-dire l'impression que la nature, d'une manière ou d'une autre, contredit les résultats attendus dans le cadre du paradigme qui gouverne la science normale ». L'anomalie est ensuite analysée, et le processus se termine lorsque « la théorie du paradigme est réajustée afin que le phénomène anormal devienne

phénomène attendu [60] ». Dans sa réflexion sur les paradigmes techniques, E. Constant distingue deux sources d'anomalies technologiques : l'anomalie par échec fonctionnel et l'anomalie par présomption. La première est une extension de la théorie de Kuhn au domaine de la technique. La seconde, au contraire, vient d'un décalage entre le développement de la science et celui de la technique. « Il n'y a pas d'échec fonctionnel, on présume l'existence d'une anomalie. [...] Cette dernière est déduite de la science. [...] La déduction scientifique est la seule raison de créer un nouveau paradigme, elle en est le seul guide. »

Toutefois, l'anomalie fonctionnelle ne génère pas à elle seule une révolution technique. Il faut qu'un nouveau « paradigme candidat » vienne démontrer l'échec fonctionnel relatif du système conventionnel. En matière technique, et c'est là une différence avec la science, « c'est le nouveau paradigme candidat et non l'anomalie qui provoque la crise [61] ».

Constant a une conception très internaliste de la technique : « Une révolution technologique, écrit-il, se définit seulement par rapport à la communauté des professionnels concernés et n'a aucune connotation de dimension sociale ou économique. » Néanmoins, « c'est seulement une fois la communauté convertie, [...] une fois que le premier développement et la première mise en pratique du nouveau paradigme ont permis d'établir des critères d'efficacité et de coût, que les facteurs économiques peuvent jouer leur rôle conventionnel déterminant [62] ».

Pour Dosi, un paradigme définit une trajectoire technologique. Celle-ci peut être décrite dans un espace multidimensionnel composé de variables économiques et techniques, comme un faisceau de directions possibles dont le paradigme précise les contours. « Chaque paradigme définit les problèmes pertinents à prendre en compte, les tâches à accomplir, un schéma d'analyse, les éléments techniques à utiliser et le type d'artefacts à développer et à améliorer ^[63] . »

La question du choix est complexe. *Ex ante*, il est bien difficile de comparer l'intérêt de différents paradigmes. Le marché ne nous donne pas l'information nécessaire à ce choix, ni même celle qui permettrait de réduire l'incertitude. En revanche, on peut évaluer certains éléments des coûts techniques. Mais ce n'est qu'*ex post* que l'on peut déterminer la fécondité d'un paradigme, sa capacité à répondre au marché. Toutefois, la situation où l'agent économique a à choisir entre plusieurs paradigmes est rare, car le propre d'un paradigme est de s'imposer à l'ingénieur et d'éliminer les autres options possibles : « Les efforts et l'imagination technique des ingénieurs et des entreprises sont orientés de telle façon qu'ils sont à proprement parler aveugles aux autres possibilités techniques ^[64] . »

En définitive, l'historien (Constant) et l'économiste (Dosi) ont une vision assez proche des paradigmes technologiques. Dans le cadre de mon propre modèle d'analyse, on peut considérer qu'un paradigme constitue un cadre de référence (certains économistes parlent de « connaissance tacite ») dans lequel

vont se situer non seulement l'action des innovateurs, mais également celle des utilisateurs de la technique.

Cette notion de paradigme a eu un grand succès chez les analystes de l'innovation et a souvent été utilisée dans une perspective d'analyse dynamique. Le sociologue Michel Zitt parle de lignée technologique qui constitue « une ligne de plus grande pente pour les agents économiques ^[65] ». Chez les économistes, Devendra Sahal parle de « poteau indicateur technologique » et de « boulevard de l'innovation ^[66] ». Nelson et Winter utilisent des concepts voisins de « régime technologique » et de « trajectoire naturelle ^[67] ». Ils prennent comme exemple de « régime technologique » la lignée aéronautique des années vingt-trente caractérisée par le choix du monoplan avec armature interne, l'utilisation d'alliages légers et d'acières spéciaux, le train d'atterrissage rentrant, etc.

Ils illustrent la notion de trajectoire naturelle par deux exemples beaucoup plus généraux : l'exploitation des économies d'échelle latentes, la croissance de la mécanisation puis de l'automatisation. Toutefois, ces exemples renvoient à des phénomènes d'ampleurs très différentes. Dans un cas, on s'inscrit bien dans un paradigme, l'industriel utilisant les possibilités offertes par la technique pour diminuer les coûts. Dans l'autre, il s'agit de phénomènes de longue durée que l'on retrouve dans toute une série de paradigmes techniques.

La taxinomie des innovations établie par Christopher Freeman et Carlota Perez ^[68] peut nous aider à mieux préciser la

spécificité de l'apparition d'un nouveau paradigme technique par rapport à celle d'un nouvel objet technique. Ces deux auteurs distinguent quatre types d'innovation : innovation incrémentale, innovation radicale, changement de système technique, révolution technologique.

Avec l'*innovation incrémentale*. On a affaire à un ensemble continu d'actions, articulant des opportunités techniques dans le cadre de trajectoires déjà définies et des propositions des utilisateurs. On se situe donc dans un cadre technique déjà défini qui oriente le travail des innovateurs, ceux-ci se trouvant en position tacticienne. Par ailleurs, la demande et le jeu du marché jouent un rôle essentiel.

Les caractéristiques de l'*innovation radicale* sont profondément différentes. Il s'agit d'événements discontinus qui ne se situent pas dans un cadre technique déjà défini. On trouve bien là l'idée de rupture liée à la notion de paradigme. Enfin, l'innovation radicale est beaucoup plus dépendante des initiatives de recherche-développement que des pressions de la demande.

Les innovations radicales ou incrémentales s'articulent les unes aux autres pour donner naissance à des *systèmes techniques*, tels que la radio-télévision par exemple. Ceux-ci sont présents dans plusieurs secteurs économiques, voire donnent naissance à un nouveau secteur.

Certains changements de système technique sont beaucoup plus importants ; Freeman les appelle des révolutions

technologiques. Cette révolution se distingue des autres innovations par le fait qu'elle « ne conduit pas seulement à l'émergence d'une nouvelle gamme de produits et de services mais qu'elle a aussi un impact sur tous les autres secteurs de l'économie, en modifiant la structure des coûts ainsi que les conditions de production et de distribution à travers tout le système économique [69] ». Freeman donne deux exemples de ces révolutions technologiques : le chemin de fer et l'énergie électrique. Ces deux techniques constituent des « paradigmes technico-économiques ». En revanche, le nucléaire ne constitue pas pour Freeman une révolution technologique, mais un « système technique », dans la mesure où cette nouvelle technologie ne s'est pas diffusée au-delà du militaire et de la production d'énergie.

Les différents niveaux de la taxinomie de Freeman et Perez prêtent évidemment à discussion. Je retiendrai simplement pour mon propos une double distinction innovation/cadre de référence d'une part, cadre de référence/mouvement de longue durée d'autre part. Les innovations se situent toujours dans un cadre de référence. Soit celui-ci est dominant et bien établi, il s'agit alors d'une activité technique ordinaire (innovation incrémentale). Soit, au contraire, le cadre est mal établi et en gestation, l'innovation radicale va alors participer à sa genèse. Bien entendu, il n'y aurait aucun sens à vouloir construire une liste des innovations et des cadres de référence rattachant les premières aux seconds. Tout dépend de la focale retenue par l'analyste. Si j'étudie le télégraphe électrique, l'électricité sera mon cadre de référence. Si, au contraire, je m'intéresse au

récepteur de Morse ou de Bréguet, le cadre de référence deviendra le télégraphe électrique.

Les cadres de référence se situent eux-mêmes dans des mouvements de longue durée. Non qu'il existe des supercadres de référence dans lesquels les premiers s'inscriraient, mais plutôt parce que la stabilité des cadres de référence dépend de l'échelle de temps retenu. Non seulement des ruptures de cadre peuvent apparaître, mais de longs mouvements plus ou moins souterrains du technique et du social peuvent également préparer le terrain de tel ou tel changement de cadre. L'analyse de l'innovation et des phénomènes de verrouillage technologique nécessite, comme nous l'avons vu, d'intégrer des évolutions de beaucoup plus longue durée.

Les cycles longs

L'étude des « cycles longs » est un autre domaine de coopération entre économistes et historiens des techniques. Les « paradigmes technico-économiques » de Freeman s'inscrivent dans la tradition schumpétérienne qui considère que les crises économiques entraînent des « tempêtes de destruction créatrices », permettant à de nouvelles innovations de relancer la croissance.

Cette perspective a également intéressé certains historiens de la technique. Ils se sont interrogés sur la répartition dans le temps

des innovations techniques majeures. Gerhard Mensch a montré que cette répartition n'était pas aléatoire et que des périodes riches en innovations succédaient à des périodes stériles [70]. Au cours du XIX^e et du XX^e siècle, Mensch remarque dans la courbe du nombre d'innovations trois maxima qui se situent en 1825, 1886 et 1935. Ces trois vagues d'innovations durent en fait une quinzaine d'années, chacune se répartissant autour de l'année maximale. Dans les années pauvres en innovations radicales comme, par exemple, 1953-1973, le progrès technique s'oriente essentiellement vers des innovations d'amélioration.

Mensch a essayé de corrélérer cette courbe des innovations techniques majeures [71] avec la courbe des inventions scientifiques. L'idée sous-jacente est que l'innovation aurait été décalée (de n années) par rapport à l'invention. Cette hypothèse est infirmée par l'analyse. Nous trouvons ainsi confirmation de ce que nous avons constaté plusieurs fois, à savoir qu'il n'y a pas un lien mécanique entre science et technique. Parfois, la technique utilise certaines possibilités ouvertes par une théorie scientifique. Dans d'autres cas, la technique s'élabore indépendamment de la science et l'ingénieur construit sa propre théorie pour pouvoir progresser dans ses travaux. L'explication que donne Mensch à ces vagues d'innovations techniques est liée aux crises économiques. Il remarque que l'apogée de l'innovation est de quelques années postérieure aux grandes crises économiques.

Avec l'accroissement du chômage et la sous-utilisation des capitaux, l'hostilité et la méfiance vis-à-vis d'idées nouvelles qui n'ont jamais été essayées et qui comportent des risques disparaissent, car on croit que tout peut concourir à une amélioration. Une telle situation produit une vague d'innovations fondamentales, qui dégage l'économie de l'impasse technique où la maintenait la stagnation, et qui mène à la phase de reprise. Mensch montre également que, dans ces périodes de forte innovation, l'écart entre la découverte d'un principe et son développement commercial diminue. Il s'inscrit dans la tradition des travaux de Kondratiev et de Schumpeter. L'économiste russe a démontré l'existence de cycles longs de l'activité économique ayant une durée d'environ cinquante ans. Schumpeter explique l'apparition de ces cycles par l'évolution technologique. Les possibilités de la technologie s'épuisent en fin de cycle. Pendant la crise, l'innovation soumet l'économie à une destruction créatrice qui permet une nouvelle croissance.

La théorie de Mensch présente le grave inconvénient de sous-évaluer la durée de diffusion de l'innovation. Comme l'écrit C. Freeman^[72], « les innovations radicales ne sauraient constituer la base d'une expansion économique importante, étant donné qu'il faut une ou plusieurs décennies avant que la diffusion des innovations ait des effets perceptibles sur l'investissement et l'emploi ».

Faut-il rejeter pour autant l'hypothèse schumpétérienne d'un lien entre innovation et cycle long ? Comme l'indique Domingues en conclusion de sa thèse^[73], aucun rapport direct

entre progrès technique et comportement de la production ne peut être établi. Les nouveautés technologiques apparaissent de façon aléatoire. Ces éléments restent souvent ignorés, victimes de leur nouveauté. Ils sont étrangers au cadre de cohérence du système technique dominant de l'époque. Les effets de ce système technique s'épuisant petit à petit, les nouvelles technologies vont apparaître plus exploitables, surtout si elles convergent et si des phénomènes de synergie se créent. C'est alors que se produit une « révolution technologique ».

C. Freeman, comme Domingues, articule deux traditions théoriques, celle de Schumpeter sur l'effet de l'innovation sur les cycles longs et celle d'historiens de la technique comme Bertrand Gille qui se sont intéressés au système technique. L'erreur de Mensch est de travailler sur des listes d'innovations techniques observées de façon isolée et de vouloir dater une innovation de façon précise. Il considère, par exemple, que la radio apparaît en 1922 (année du démarrage de la diffusion régulière de programmes radiophoniques), alors que les années précédentes ne constituent pas une simple préhistoire, l'invention de Marconi ayant trouvé un usage professionnel dès le début du siècle. L'innovation ne peut être étudiée que de façon séquentielle^[74]. Domingues est beaucoup plus sensible à cette durée du temps de l'innovation. Il estime que la seconde partie des cycles de Kondratiev, la phase de déclin (1920-1945 par exemple), est la période où s'élabore le système technique suivant.

En réalité, les techniques de base d'un système technique sont encore plus longues à développer. Les premières réalisations techniques de l'électricité commencent au tournant des années 1870-1880. En 1879, Siemens fait la première démonstration du chemin de fer électrique. A Berlin, en 1881, Edison installe le premier système d'éclairage électrique. Nous sommes à la fin du deuxième cycle de Kondratiev (1830-1885). Ce n'est qu'au début du quatrième cycle (1945...) que l'électricité se généralise effectivement pour la traction ou l'usage domestique.

Certains auteurs comme Richard Barras^[75] et Christopher Freeman estiment que nous sommes aujourd'hui à la veille d'un cinquième cycle de Kondratiev, avec un nouveau système technologique fondé sur les technologies de l'information (micro-électronique, informatique et télécommunication numérique). La filière technique centrale de ce nouveau système a commencé à se développer au début du quatrième cycle de Kondratiev (fin des années quarante et années cinquante) et a été préparée à la fin du troisième cycle. R. Barras distingue d'ailleurs dans le domaine de l'électronique et de l'informatique deux cycles d'innovation : l'un dans le secteur des biens d'équipements (industrie) et l'autre dans celui des biens de consommation (grand public). Il montre qu'il y a un décalage d'un demi-cycle entre les deux types de biens.

Les réflexions sur les cycles longs que je viens de présenter succinctement amènent les spécialistes de l'évolution technique à intégrer dans leurs analyses l'évolution économique et, plus largement, sociale. Ainsi C. Freeman s'intéresse-t-il aux liaisons

entre nouveau paradigme technique et « climat socio-institutionnel » : « La large généralisation de nouveaux paradigmes techniques n'est possible qu'après que les institutions sociales se sont adaptées aux exigences de la nouvelle technologie^[76]. »

C'est justement « cette dichotomie entre, d'une part, le dynamisme innovateur au sein du paradigme technico-économique et, d'autre part, le contexte socio-économique qui doit s'adapter pour que la mutation globale se fasse et devienne performante », que conteste l'économiste-historien Pierre Dockès. « En un mot, écrit-il, si la dimension sociale est présente, c'est “à côté” et non au sein du paradigme productif^[77]. » Beaucoup de ces analyses sur les cycles longs tombent ainsi sous le coup des critiques du début de ce livre sur la coupure radicale entre technique et social. Dockès propose au contraire le concept de « paradigme socio-technique », qu'il définit comme « la façon dominante de penser la production ». On trouve des perspectives analogues chez Jacques Perrin, qui étudie les paradigmes technico-organisationnels : « Tout objet technique a une double face : une *face technologique*, la plus apparente et qui permet de rendre compte des techniques utilisées pour sa construction, et une *face organisationnelle*, généralement méconnue et qui permet de retracer l'ensemble des relations et connexions qui ont été nécessaires à sa production (ou qui seront nécessaires pour sa consommation)^[78]. »

Il note plus loin : « La plus rapide capacité d'évolution des artefacts technologiques peut donner l'impression que ce sont les objets techniques, et notamment les machines, qui imposent leurs contraintes aux organisations. Il n'en est rien ; c'est le même paradigme [...] qui oriente à la fois le développement des objets techniques et celui des organisations ^[79] . »

En définitive, l'approche des choix technologiques comme les différentes approches évolutionnistes sont face aux mêmes problèmes : dès que l'on introduit l'histoire, la segmentation technique-social-économique est inopérante. Comme le notait Lucien Febvre, « il n'y a pas d'histoire économique et sociale. Il y a l'histoire tout court dans son unité. L'histoire qui est sociale tout entière par définition ^[80] ».

La question de la coupure entre technique et société est un point que j'ai longuement abordé dans les premiers chapitres de ce livre. De toute évidence, l'introduction du temps dans l'analyse n'a pas de raison de modifier fondamentalement mon point de vue dans ce domaine. Toutefois, dès que l'on rentre dans une perspective dynamique, on doit remarquer que les différentes séries n'évoluent pas selon le même rythme. Avant le moment de verrouillage technologique d'un nouveau cadre socio-technique, le cadre de fonctionnement et le cadre d'usage peuvent s'être modifiés selon des temporalités très différentes.

Notes du chapitre

[1] ↑ Laurent THÉVENOT, « A quoi convient la théorie des conventions ? », *Réseaux*, n° 62, CNET, Paris, 1993, p. 141.

[2] ↑ Paul RICŒUR, *Temps et récit*, I., *L’Intrigue et le Récit historique*, op. cit., p. 262.

[3] ↑ Arthur DANTO, *Analytical Philosophy of History*, Cambridge University Press, Cambridge (Mass.), 1965, p. 183, cité par Paul Ricœur.

[4] ↑ Paul RICŒUR, op. cit., p. 131.

[5] ↑ Paul VEYNE, *Comment on écrit l’histoire*, Le Seuil, Paris, 1971, p. 120-121.

[6] ↑ Raymond ARON, *Introduction à la philosophie de l’histoire. Essai sur les limites de l’objectivité historique* (première édition, 1938), Gallimard, « Bibliothèque des idées », Paris, 1957, p. 187.

[7] ↑ Ibid., p. 182.

[8] ↑ Max WEBER, « Études critiques de logique des sciences », in *Essais sur la théorie des sciences*, Plon, Paris, 1965, p. 300.

[9] ↑ Ibid., p. 307.

[10] ↑ Paul RICŒUR, op.cit., p. 223.

[11] ↑ Pour justifier l’arbitraire de ce rapprochement entre disciplines, je citerai simplement cette phrase de Pierre Dockès et Bernard Rosier : « Le lien le plus important entre l’histoire et l’économie se fait par les réflexions autour de l’innovation » (in Pierre DOCKÈS et Bernard ROSIER, « Histoire raisonnée et économie historique », *Revue économique*, vol. 42, n° 2, mars 1991, p. 197). Quant à l’ouverture sur la philosophie, rappelons simplement les liens étroits qui unissent philosophie et histoire des sciences.

[12] ↑ Alfred Marshall, dans ses écrits non théoriques, notamment *Industry and Trade*, qui s’appuient sur une observation fine de la dynamique industrielle de son temps, adopte une approche différente ; je fais donc bien référence ici au théoricien de l’équilibre partiel.

[13] ↑ Dominique FORAY, « Les modèles de la compétition technologique. Une revue de la littérature », *Revue d’économie industrielle*, n° 48, 2^e trimestre 1989, p. 16.

[14] ↑ Il convient de bien distinguer l’apprentissage par l’usage (*learning by using*) de l’apprentissage par la pratique productive (*learning by doing*), que je présenterai plus loin.

[15] ↑ Nathan ROSENBERG, *Inside the Black Box. Technology and Economics*, op. cit., p. 125.

[16] ↑ Voir Michèle MARTIN, « Hello Central ? Compagnies de téléphone, abonnés et création d'une culture téléphonique au Canada (1876-1920) », *Réseaux*, n° 55, CNET, Paris, 1992 p. 25-64 ; et Claude FISCHER, « Appels privés, significations individuelles. Histoire sociale du téléphone avant guerre aux États-Unis », *Réseaux*, n° 55, CNET, Paris, 1992, p. 65-105.

[17] ↑ Dominique FORAY, « Choix des techniques, rendements croissants et processus historiques : la nouvelle économie du changement technique », in Jacques PRADES, *La Technoscience. Les fractures du discours*, op. cit., p. 62.

[18] ↑ Michèle MARTIN, art. cité, p. 28-29. Sur l'importance des externalités de réseau dans le développement du téléphone américain, voir Milton MUELLER, « Le service universel dans l'histoire du téléphone, une reconstruction », *Réseaux*, n° 66, CNET, Paris, 1994, p. 11-36.

[19] ↑ Je traduis de cette façon *learning by doing* souvent traduit en français par l'« apprentissage par la pratique », expression qui peut prêter à confusion avec « apprentissage par l'usage ».

[20] ↑ Kenneth Arrow écrivait en 1962 un article décrivant le mécanisme d'apprentissage par la production (Kenneth ARROW, « The Economic Implications of Learning by Doing », *Review of Economic Studies*, juin 1962).

[21] ↑ Robin COWAN, « Nuclear Power Reactors : a Study in Technological Lock-in », *The Journal of Economic History*, n° 3, New York University, 1990.

[22] ↑ Nathan ROSENBERG, op. cit., p. 56.

[23] ↑ Sur ce point, voir également Thomas HUGHES, *Networks of Power : Electrification in Western Society (1880-1930)*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1983.

[24] ↑ Bertrand GILLE, *Histoire des techniques*, op. cit., p. 18.

[25] ↑ Brian ARTHUR, « Competing Technologies : an Overview », in Giovanni DOSI et al., *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, Londres, 1988, p. 590.

[26] ↑ Dominique FORAY, « Choix des techniques, rendements croissants et processus historique : la nouvelle économie du changement technique », in Jacques PRADES, op. cit., p. 66.

[27] ↑ Paul DAVID, « Understanding the Economics of QWERTY : the Necessity of History », in W. N. PARKER (ed.), *Economic History and the Modern Economist*, Basic Blackwell, Oxford, 1986.

[28] ↑ Dominique FORAY, « Choix des techniques, rendements croissants et processus historique : la nouvelle économie du changement technique », in Jacques PRADES, *op. cit.*, p. 74.

[29] ↑ Cet effet de domination irréversible est qualifié de *lock-in* par Paul David.

[30] ↑ Brian ARTHUR, *op. cit.*, p. 597.

[31] ↑ *Ibid.*, p. 601.

[32] ↑ *Ibid.*, p. 595.

[33] ↑ Paul DAVID, « Clio and the Economics of QWERTY », *The American Economic Review*, vol. 75, n° 2, mai 1985, p. 332-337.

[34] ↑ Le cas des claviers QWERTY et Dvorak a également été étudié par les sociologues de la diffusion. Everett Rogers cite l'exemple du système de Dvorak pour montrer qu'une innovation rationnelle peut ne pas s'imposer (Everett ROGERS, *Diffusion of Innovations*, *op. cit.*, p. 9-10).

[35] ↑ Robin COWAN, *op. cit.*

[36] ↑ Dominique FORAY, « Choix des techniques, rendements croissants et processus historique : la nouvelle économie du changement technique », in Jacques PRADES, *op. cit.*, p. 73.

[37] ↑ Paul DAVID, « Dépendance du chemin et prévisibilité des systèmes dynamiques avec externalités de réseau localisées : un paradigme pour l'économie historique », in Dominique FORAY et Christopher FREEMAN (éds), *Technologie et richesse des nations*, Économica, Paris, 1992, p. 242.

[38] ↑ Paul DAVID, « The Landscape and the Machine : Technical Interrelatedness, Land Tenure and the Mechanization of the Corn Harvest in Victorian Britain », in D. MCCLOSKEY (ed.), *Essays on a Mature Economy : Britain after 1840*, Methuen, Londres, 1971.

[39] ↑ Paul DAVID, « The Hero and the Herd in Technological History : Reflections on Thomas Edison and the Battle of the Systems » in Patrice HIGONNET, David LANDES et Henry ROSOVSKY (eds.), *Favorites of Fortune. Technology Growth and Economic*

Development since the industrial Revolution, Harvard University Press, Cambridge, (Mass.), 1991, p. 75.

[40] ↑ *Ibid.*, p. 76.

[41] ↑ Bertrand GILLE, *op. cit.*, p. 48.

[42] ↑ Pierre DOCKÈS et Bernard ROSIER, *art. cité*, p. 197.

[43] ↑ Paul DAVID, « The Hero and the Herd in Technological History : Reflections on Thomas Edison and the Battle of the Systems », in Patrice HIGONNET, David LANDES et Henry ROsovsky, *op. cit.*, p. 89.

[44] ↑ Notons toutefois que cette notion d'irréversibilité apparaît également chez les historiens. Marc Bloch notait déjà : « Les institutions une fois créées prennent quelque chose de rigide et, tenant par toutes sortes de liens à l'ensemble du complexe social, poussent de trop fortes racines pour pouvoir être aisément arrachées lorsque leur première raison d'être a disparu » (Marc BLOCH, « Que demander à l'histoire », in *Mélanges historiques*, *op. cit.*, t. I, p. 13).

[45] ↑ D. M. McCLOSKEY, « Does the Past have Useful Economics », *Journal of Economic Literature*, juin 1976, p. 434-451, cité par Robert BOYER, *op. cit.*, p 1416.

[46] ↑ Robert Boyer, à qui j'emprunte cette citation, ajoute : « Peut-être les historiens ont-ils été trop modestes et n'ont-ils pas exercé le doux terrorisme symbolique qui fait le charme des mathématiciens économistes ! »

[47] ↑ Nathan ROSENBERG, *op. cit.*, p. 56.

[48] ↑ Kenneth KNIGHT, « A Descriptive Model of the Intra-Firm Innovation Process », *Journal of Business*, n° 40, octobre 1967, p. 493, cité par Nathan ROSENBERG, *op. cit.*

[49] ↑ Richard NELSON et Sidney WINTER, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1982, p. 249.

[50] ↑ Giovanni DOSI et Luigi ORSENIGO, « Coordination and Transformation : an Overview of Structures Behaviours and Change in Evolutionary Environments », in Giovanni DOSI et al., *Technical Change and Economic Theory*, *op. cit.*, p. 32.

[51] ↑ Gilbert SIMONDON, *Du mode d'existence des objets techniques*, *op. cit.*, p. 20.

[52] ↑ *Ibid.*

[53] ↑ *Ibid.*, p. 46.

[54] ↑ *Ibid.*, p. 26.

[55] ↑ *Ibid.*, p. 34.

[56] ↑ Gilbert SIMONDON, *op. cit.*, p. 35.

[57] ↑ Voir Thomas HUGHES, *op. cit.*

[58] ↑ Gilbert SIMONDON, *op. cit.*, p. 41.

[59] ↑ Thomas KUHN, *La Structure des révolutions scientifiques*, *op. cit.*

[60] ↑ *Ibid.*, p. 83.

[61] ↑ Edward CONSTANT, « Un changement de paradigme technologique », *Culture technique*, n° 10, CRCT, Neuilly, juin 1983, p. 134. Publication en anglais dans *Technology and Culture* en 1973.

[62] ↑ *Ibid.*, p. 136.

[63] ↑ Giovanni DOSI et Luigi ORSENIGO, *op. cit.*, p. 16.

[64] ↑ Giovanni DOSI, « Technological Paradigms and Technological Trajectories », *Research Policy*, n° 11, North Holland, 1982, p. 153.

[65] ↑ Michel ZITT, « Filiations techniques et genèse de l'innovation », *Technique et culture*, n° 10, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 1987, p. 26.

[66] ↑ Devendra SAHAL, « Technology Guide-Posts and Innovation Avenues », *Research Policy*, vol. 14, n° 2, 1985, p. 61-82.

[67] ↑ Richard NELSON et Sidney WINTER, *op. cit.*, p. 258-259.

[68] ↑ Christopher FREEMAN et Carlota PEREZ, « Structural Crises of Adjustment Business Cycles and Investment Behaviour », in G. DOSI et al., *op. cit.*, p. 45-47.

[69] ↑ Christopher FREEMAN, « Technologies nouvelles, cycles économiques longs et avenir de l'emploi », in Jean-Jacques SALOMON et Geneviève SCHMÉDER, *Les Enjeux du changement technologique*, Économica, Paris, 1986, p. 96.

[70] ↑ Gerhard MENSCH, « La technique en crise », *Culture technique*, n° 18, Neuilly, 1988. Voir également Gerhard MENSCH, *Stalemate in Technology : innovations Overcome the Depression*, Ballinger, New York, 1979.

[71] ↑ On imagine volontiers que le choix des innovations fondamentales est un sujet de controverse entre historiens. Aussi, Mensch a établi ses conclusions en parlant de plusieurs listes d'innovations établies par des historiens différents.

[72] ↑ Christopher FREEMAN, *op. cit.*, p. 95-96.

[73] ↑ C. DE OLIVIERA DOMINGUES, *Technologie et crise*, thèse de doctorat d'État de sciences économiques, Université de Paris-X-Nanterre, 1986.

[74] ↑ Sur l'analyse critique que fait Freeman de Schumpeter et de Mensch, on pourra consulter les chapitres 2 et 3 de Christopher FREEMAN, John CLARK et Luc SOETE, *Unemployment and Technical Innovation, a Study of Long Waves and Economic Development*, Frances Pinter, Londres, 1982.

[75] ↑ Richard BARRAS, « Towards a Theory of Innovation in Services », *Research Policy*, n° 15, North Holland, 1986, p. 161-173.

[76] ↑ Christopher FREEMAN, « Long Waves of Economic Development », in Tom FORESTER (ed.), *The Information Technology Revolution*, Basic Blackwell, Oxford, 1985, p. 607.

[77] ↑ Pierre DOCKÈS, « Formation et transferts des paradigmes sociotechniques », *Revue française d'économie*, vol. 5, n° 4, automne 1990, p. 39.

[78] ↑ Jacques PERRIN, « Méthodologie d'analyse des systèmes techniques », in Robert BOYER (éd.), *Les Figures de l'irréversibilité*, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, Paris, 1991 p. 161.

[79] ↑ *Ibid.*, p. 168.

[80] ↑ Lucien FEBVRE, « Vivre l'histoire » in *Combats pour l'histoire*, Armand Colin, Paris, 1953 p. 20.

6. L'imaginaire technique

Si les choix technologiques dépendent, comme nous l'avons vu, du sentier parcouru, il demeure néanmoins une question : quelle est l'origine du sentier ? Où faut-il faire porter les investigations : vers les premiers objets techniques qui sortent sur le marché, ou vers les prototypes réalisés par les chercheurs, les maquettes intermédiaires ou les projets écrits ou même les utopies et les rêves qui sont au moins aussi présents sur les étagères des laboratoires que les outils et les maquettes infructueuses ? Utopies et rêves ne sont pas seulement le propre des inventeurs, ils relèvent de groupes sociaux beaucoup plus larges qui développent différentes représentations de la technique. Aux origines d'un cadre socio-technique, on trouve donc toute une série d'imaginaires techniques qu'il paraît nécessaire d'étudier, non pas en les considérant comme la matrice initiale d'une nouvelle technique, mais plutôt comme l'une des ressources qui se trouvent mobilisées par les acteurs pour construire un cadre de référence.

L'illusion généalogique

« Les objets sont l'incarnation de rêves, écrit Thierry Gaudin. La technique moderne réalise des rêves vieux de millions d'années : l'envol dont parlent depuis toujours les sorciers et les mages, l'ubiquité, par multiplication des sons et des images, ou encore l'Apocalypse dont l'humanité n'a jamais été aussi proche. Tous les grands rêves, grisants ou terribles, la technique moderne les inscrit dans le concret^[1]. » Si le rapport à l'imaginaire est un élément important dans la gestation des objets techniques, comme nous allons le voir, il ne paraît pas du tout certain, en revanche, que l'imaginaire technique contemporain soit inscrit, comme le laisse entendre Gaudin, dans la continuité de celui des Anciens. On ne peut pas considérer les premiers rêves de Santos Dumont comme analogues au mythe d'Icare. Pour l'un, voler, c'était s'échapper, surplomber, s'égaler aux dieux, pour l'autre, c'était se déplacer dans les airs.

Jacques Perriault a entrepris de réaliser une généalogie des mécanismes de l'illusion visuelle qui remonte à l'Antiquité et associe notamment jeux de miroirs et lanterne magique. Il retrouve dans chacun de ces procédés visuels « la manifestation constante de la recherche de l'illusion par des simulations toujours plus perfectionnées^[2] ». Pour construire sa généalogie, il définit une règle précise : ne retenir que les inventeurs cités par leurs successeurs.

Dans le domaine informatique, Philippe Breton s'est livré à un travail voisin. Il choisit un « point de vue amontiste », c'est-à-dire qu'il s'intéresse tout particulièrement « aux phénomènes

qui se situent en amont de l'invention technique et qui conditionnent non seulement la dynamique de l'invention elle-même, mais également les conditions de son succès – ou de son échec – ultérieur et plus largement le sens social que cette invention peut prendre dans une société donnée [3] ». Breton illustre sa thèse en évoquant le lien entre Norbert Wiener, l'un des fondateurs de l'informatique, et le mythe du Golem (être artificiel imaginé à Prague au Moyen Age). Pour lui, toute l'histoire de l'informatique évolue selon le projet initial : construire un cerveau artificiel.

L'approche généalogique insiste donc sur les constantes historiques. Elle cherche à reconstituer la matrice qui a donné naissance à un objet technique, estimant qu'elle détermine assez largement l'évolution ultérieure. Cette approche *a priori* séduisante, qui permet d'introduire l'histoire dans l'étude de la technique, ne peut toutefois être retenue qu'après avoir éclairci un point essentiel : celui de l'influence d'un inventeur sur un autre, de l'impact d'un projet fondateur sur une lignée technique.

Il n'y a pas que les historiens de la technique qui utilisent la notion d'influence. Elle joue également un rôle essentiel dans beaucoup de travaux sur l'art. L'historien britannique Michael Baxandall s'est livré à une réflexion intéressante sur cette question qui peut également être très utile à l'étude de la technique. « Le terme d'influence, écrit-il, est l'un des fléaux de la critique d'art » ; et il ajoute : « Il est très étonnant qu'un terme qui évoque plutôt le langage de l'astrologie ait fini par

occuper une telle place dans notre vocabulaire [4]. » Il synthétise son raisonnement ainsi : « En disant que X a influencé Y, on semble effectivement dire que c'est X qui a agi sur Y et non Y sur X. Or, lorsqu'on étudie une œuvre de qualité ou un grand peintre, on s'aperçoit que c'est toujours le second élément qui est le véritable moteur de l'action [5]. » Derrière la notion d'influence, il y a celle de causalité, Si l'on dit donc X a influencé Y, on laisse entendre que X est la cause de Y. Or, nous dit Baxandall, dans l'action du peintre – et l'on pourrait ajouter : de l'ingénieur – la situation est exactement l'inverse : c'est Y qui est à l'origine de l'action et qui a choisi d'utiliser X.

En retournant le couple X-Y on ne remet pas seulement le phénomène de l'influence sur ses pieds, mais on peut également y intégrer de multiples nuances. Le lien de Y à X peut s'exprimer par « s'inspirer de, faire appel à, ne pas comprendre », etc. [6]. Il y a des situations d'atelier ou d'apprentissage, peut-on néanmoins objecter, où X l'emporte sur toutes les ressources qui s'offrent à Y. Dans ce cas, ce n'est pas X qui est la cause de Y, mais l'organisation de l'activité artistique de l'époque, sous forme d'atelier, ou le poids prépondérant occupé par l'académisme. Pour illustrer son propos, Baxandall montre que ce n'est pas Cézanne qui a influencé Picasso, mais que Cézanne faisait partie des problèmes picturaux que le peintre des *Demoiselles d'Avignon* avait choisi d'affronter, même s'il ne retint que certains aspects bien particuliers du travail du maître de la Sainte-Victoire [7].

L'analyse de Baxandall dépasse le cadre de l'art puisqu'il l'applique également à la construction d'un pont^[8]. Mais tableau ou pont, il s'agit toujours d'objets originaux et spécifiques. L'activité technique dont je parle dans cet ouvrage renvoie plutôt à des objets reproductibles qui, d'un modèle à l'autre, reprennent très largement les mêmes composantes. Ma critique du modèle de la généalogie ou de l'influence technique sera donc un peu différente. En examinant les textes fondateurs d'une technique, l'analyste contemporain a souvent tendance à référer projet technique ou prototype aux objets et concepts d'aujourd'hui. Dans une situation où ces objets n'existaient pas, il est tout à fait indu d'indiquer que les recherches d'hier sont les ancêtres d'objets d'aujourd'hui. Prétendre, par exemple, que la lanterne magique est l'ancêtre du cinéma est probablement éclairant pour un de nos contemporains qui ignore ce qu'est cette lanterne magique. Cela permet de lui donner une approximation lointaine. En revanche, cela ne permet absolument pas de comprendre la genèse du cinéma. Toute la querelle qui a opposé les frères Lumière (et d'autres inventeurs) à Edison montre bien que le cinéma pouvait se développer selon une autre voie que celle de la projection. Il y a dans l'approche généalogique le grave risque de laisser entendre que l'histoire ne pouvait se dérouler autrement qu'elle ne s'est déroulée, puisque tout était déjà inscrit dans une matrice originelle. Ce point de vue faussement déterministe enlève toute sa richesse à une histoire où à chaque moment des aléas peuvent advenir, les inventeurs pouvant choisir telle ou telle solution plutôt que telle autre.

Les historiens de la technique notent parfois que tel ou tel inventeur n'avait pas compris le dispositif qu'il mettait en œuvre. Au lieu de s'étonner de ce qui n'est une anomalie qu'*a posteriori*, il faut partir de tels écarts entre principes et réalisations techniques pour comprendre comment s'élabore petit à petit un nouvel objet technique. L'histoire technique n'est pas toujours aussi limpide et linéaire que le laisse entendre l'« approche amontiste ». A côté de ces inventeurs que l'histoire officielle va baptiser « pères fondateurs » parce que, du point de vue d'aujourd'hui, leurs écrits correspondent le mieux à ce que la technique qu'ils ont inventée est devenue, il existe de nombreux autres inventeurs plus méconnus dont l'action technique fut au moins aussi importante et dont les discours plus étranges témoignent des hésitations, des débats qui à leur époque accompagnaient la genèse d'une nouvelle technique.

Philippe Breton, dans le cadre de ses travaux historiques sur l'informatique, a réuni un certain nombre de textes de Norbert Wiener, Alan Turing et John von Neumann qui lui apparaissent comme les textes fondateurs de l'ordinateur. « L'ordinateur moderne, écrit-il, est le produit d'un système de représentation du monde et des valeurs qui en découlent, et les choix techniques qui y sont faits [...], loin d'obéir à une stricte rationalité interne à la technique, sont déterminés par un système de pensée [9]. » Il s'agit dans ce cas de la cybernétique. Le projet est de construire une machine se comportant comme le cerveau humain. A l'opposé des thèses de Breton, l'historien américain Paul Ceruzzi estime que les inventeurs de

l'ordinateur avaient été incapables de prévoir les multiples applications de leurs futures machines. Pour eux, il s'agissait de puissants calculateurs qui n'étaient destinés qu'au domaine scientifique et militaire ; une dizaine d'appareils devait pouvoir satisfaire l'ensemble des besoins américains.

L'idée d'une machine universelle pouvant résoudre des problèmes de nature très différente semble ainsi bien éloignée des perspectives d'un pionnier de l'informatique comme Howard Aiken qui écrivait en 1956 : « S'il arrive que la logique de base d'une machine conçue pour résoudre des équations différentielles coïncide avec la logique d'une machine destinée à faire la comptabilité d'un grand magasin, je considérerai cela comme la coïncidence la plus étonnante que j'aie jamais rencontrée [10]. » Voilà donc un père fondateur qui, contrairement à Wiener, n'imagine pas l'ordinateur comme une machine universelle.

La longue genèse des cadres de référence

Si l'on rejette en définitive l'idée d'une généalogie des inventeurs, selon laquelle une technique aurait quelques pères fondateurs géniaux qui auraient dès le début l'intuition de ses caractéristiques futures, il faut dès lors intégrer l'histoire dans l'analyse d'une autre manière. Si je laisse provisoirement de

côté la question de l'action technique individuelle, qui correspond largement à l'analyse précédente de Baxandall, la façon dont se constituent les cadres de référence me fournira le premier élément de réflexion.

Le sociologue et historien anglais des médias Raymond Williams note que la plupart des machines à communiquer commencent à exister sous une forme technique rudimentaire qui ne sera pas retenue par la suite [11]. Avec la télévision électromécanique de Baird, par exemple, on a bien le cadre d'usage de la télévision. En revanche, le cadre de fonctionnement ne durera pas et sera remplacé par un autre (le tube électronique remplacera le système mécanique de Baird [12]). Si, dans certains cas, le cadre de fonctionnement évolue, il en est d'autres où c'est le cadre d'usage qui se modifie.

Parfois, ce cadre d'usage est tellement différent du nôtre qu'il a été complètement oublié. Dans une recherche sur les premiers usages de l'électricité et plus spécifiquement de la lumière électrique, Carolyn Marvin note que, « partant de l'hypothèse que l'histoire [technique] peut seulement se conclure avec nous-mêmes, nous avons éliminé de notre mémoire collective la diversité des options qu'un âge antérieur voyait en face de lui, développant ses rêves les plus roses [13] ».

L'éclairage est certainement l'application de la « fée électricité » qui frappa le plus les hommes du XIX^e siècle. Comme d'autres innovations, la lumière électrique fut d'abord utilisée dans l'espace public avant d'atteindre par la suite l'espace privé.

Dans les années 1880, cette nouvelle forme d'éclairage commence à apparaître dans les rues et l'illumination des vitrines des magasins rencontre un grand succès. Les salles de spectacles avaient été les premières à y faire appel. Puis le spectacle électrique est sorti des salles pour s'installer à l'extérieur. On sait que l'électricité occupa une place importante dans les expositions universelles et que des expositions spécifiques lui furent consacrées (Paris, 1881 ; Philadelphie, 1884). Parmi de nombreuses merveilles, les contemporains ont pu découvrir des tours de lumière, des fontaines lumineuses, des jardins éclairés jour et nuit... Mais de nombreux événements de la vie publique donnaient également lieu à l'édification d'arcs de triomphe électriques ou à l'illumination des ponts. Celle du pont de Brooklyn à New York fut « un si beau spectacle, au sens théâtral, qu'une des sociétés les plus dynamiques de ferry de la ville avait organisé des excursions nocturnes qui était intitulées : "Théâtre du port de New York par la lumière électrique" [14] ».

La lumière électrique servit également de moyen publicitaire. On vit apparaître sur les immeubles des enseignes constituées de centaines d'ampoules électriques. A Paris, on put même voir des projections lumineuses. A Londres, les lanternes magiques projetaient des images sur la colonne Nelson, jusqu'au jour où l'on interdit une telle désacralisation du glorieux monument. De nombreux inventeurs imaginèrent de faire des projections publicitaires sur les nuages et des expériences furent faites en Europe comme aux États-Unis. Ainsi la lumière électrique apparaît-elle bien comme l'un des premiers moyens de

communication de masse dans les lieux publics. Un événement illustre bien ce cadre d'usage de l'électricité : la célébration de l'élection présidentielle de McKinley à New York en 1896. Une foule immense était réunie devant l'immeuble du *New York Times*. Le journal, relié au réseau télégraphique national, avait accès aux résultats en direct et projeta un portrait du président élu.

Ainsi, à la fin du XIX^e siècle, le cadre d'usage de l'électricité est-il celui du spectacle, de l'espace public, d'une sorte de préfiguration de la communication de masse. Ce n'est que quelques dizaines d'années plus tard qu'apparaîtra un nouveau cadre d'usage, celui de l'espace privé, du confort domestique, de l'automatisation du foyer.

L'imaginaire social de la technique

Alors que le cadre de fonctionnement d'une technique s'élabore principalement au sein de la communauté technicienne, dans les laboratoires de recherche, la construction du cadre d'usage fait appel à des acteurs plus diversifiés et se manifeste par des discours plus variés. Ceux-ci ne sont pas seulement tenus par les techniciens, mais aussi par des « littérateurs » : romanciers, vulgarisateurs, journalistes... Tous ces discours participent à l'élaboration d'un imaginaire social. Celui-ci est l'une des

composantes fondamentales du cadre d'usage d'une nouvelle technique.

L'historien étudie l'imaginaire social de la technique à travers tout un corpus de discours utopistes, de romans de science-fiction, de textes de prospective. Avant d'étudier le rôle que cette littérature peut jouer dans la construction des cadres d'usage, il convient de définir quelques règles de méthode.

« Les utopies, écrivait Lamartine, ne sont souvent que des vérités prématurées. » Cette vision romantique des textes utopiques recoupe d'une certaine façon le point de vue « amontiste » critiqué plus haut. Bronislaw Baczko, qui a étudié les utopies de la Révolution française, note justement que dans cette perspective on considère que « l'utopiste se trouve, pour ainsi dire, devant un avenir tout fait et achevé. Il ne s'agit donc que de constater s'il a réussi à le “déchiffrer” ^[15] ». Cette approche a un second inconvénient. En s'axant sur la fonction prédictive des utopies, on en arrive à penser que l'effet de l'utopie tient à son réalisme. Il faut considérer au contraire que « les utopies manifestent et expriment de façon spécifique une certaine époque, ses hantises et ses révoltes, le champ de ses attentes comme les chemins empruntés par l'imagination sociale et sa manière d'envisager le possible et l'impossible. Dépasser la réalité sociale, ne serait-ce qu'en rêve et pour s'en évader, fait partie de cette réalité et offre sur elle un témoignage révélateur ^[16] ». Pour étudier l'imaginaire social comme pour analyser les choix technologiques, il est donc fondamental de redonner au passé toute sa richesse, toutes ses

potentialités et d'éviter de l'expliquer, *a fortiori* de le juger, en fonction des événements futurs.

Baczko s'est intéressé au rôle de l'imaginaire social dans les mutations politiques. Ses analyses peuvent cependant être largement adaptées au cas des mutations techniques qui nous intéressent ici. « Si les acteurs sociaux, écrit-il, n'agissent pas d'après des scénarios qu'ils ont eux-mêmes imaginés, leurs actions n'en sont pas moins inséparables des images qu'ils se donnent d'eux-mêmes et de leurs adversaires, de leurs rêves et de leurs mythes, de leurs hantises et de leurs espérances ^[17]. » Nous retrouvons là les analyses développées par Thierry Gaudin dans *Pouvoir des rêves* ^[18].

La réussite des grandes innovations, comme celle des révolutions, mobilise toute une société. « Mettre en mouvement les grandes masses, les arracher de la vie “normale”, les projeter de l'histoire immobile vers une histoire accélérée ne peut s'effectuer sans la production de grands rêves sociaux mobilisateurs et des symboles qui les incarnent, sans l'amplification des tâches à accomplir et des objectifs à atteindre. Ni les idées, ni les rêves ne font les révolutions, mais comment pourraient-elles se faire sans les rêves qu'elles sécrètent ^[19] ? »

Si l'on abandonne le terrain des révolutions politiques, on peut dire que l'imaginaire social qui va être constitutif du cadre d'usage d'une technique est commun aux innovateurs et aux

utilisateurs. Il est, à une époque donnée, celui d'une société ou au moins d'une partie d'entre elle.

Les producteurs d'imaginaire

Les nouvelles techniques ont suscité pendant le xix^e siècle, comme aujourd'hui, une production importante de littérature consacrée à leurs usages imaginaires. La littérature utopique du xvii^e et du xviii^e siècle correspond à un même artifice romanesque, le déplacement du héros dans un autre espace où existe une société radicalement différente. Au xix^e siècle apparaît un autre mécanisme littéraire, celui du déplacement dans le temps [20]. Dans ces utopies du temps, ou uchronies, la technique occupe souvent une place importante. Howard Segal a étudié les œuvres littéraires américaines que l'on peut considérer comme des utopies technologiques. Il a sélectionné un certain nombre de textes qui définissent une société idéale dans laquelle la technique permet d'atteindre bonheur et richesse. Pour l'essentiel, les techniques évoquées dans ces utopies existent à l'époque où les auteurs écrivent. Mais elles ont atteint dans ce nouveau cadre une large diffusion, et sont donc au centre de ces sociétés idéales. Pour Segal, ces utopistes technologiques manifestent profondément les opinions, les valeurs qui sont au cœur de la société américaine. Il est d'ailleurs très frappé par la cohérence de toutes ces utopies. « A l'exception de quelques détails mineurs, ces différentes visions

sont fondamentalement les mêmes. Les points de vue de ces divers auteurs peuvent être traités comme une seule vision du futur de l'Amérique [21]. »

De 1883 à 1933, il a recensé trente-cinq auteurs. Ils peuvent se diviser en deux groupes à peu près identiques, les techniciens (inventeurs, ingénieurs, contremaîtres) et les écrivains (journalistes, romanciers, professeurs).

Dans le groupe des techniciens, on trouve plusieurs personnalités ; deux présidents d'importantes sociétés savantes, un grand inventeur, Gillette, et d'autres créateurs d'entreprise de moindre renom. Parmi les écrivains, seul Edward Bellamy, avec *Looking Backward*, a obtenu un vrai succès littéraire. Les autres inventeurs ont écrit par ailleurs différents ouvrages techniques.

En Europe et plus particulièrement en France, la littérature d'imaginaire technique apparaît prioritairement sous une autre forme, celle des romans d'anticipation. Jules Verne est évidemment l'auteur le plus représentatif de ce courant littéraire. Ses ouvrages reprennent le principe des romans utopiques (déplacement dans le temps ou dans l'espace). J. Verne fait appel à des techniques existant à son époque, et qu'il a déjà utilisées personnellement – il voyagea par exemple sur le *Great Estern*, le plus grand bateau de son époque –, ou à d'autres sur lesquelles ses contemporains inventeurs travaillent. Son intérêt pour la technique l'amènera même à créer avec le photographe Nadar une « Société pour la

recherche en navigation aérienne ». Tandis que Nadar effectuera de nombreuses ascensions en ballon, J. Verne se contentera de faire voler ses personnages romanesques. L'écrivain, qui utilisera une documentation minutieuse, n'hésitera pas à donner à ses lecteurs des éclaircissements techniques. Il écrit par exemple dans *Le Château des Carpathes* : « L'heure est venue de donner l'explication de certains phénomènes qui se sont produits au cours de ce récit, et dont l'origine ne devrait pas tarder à être révélée. A cette époque – nous ferons très particulièrement remarquer que cette histoire s'est déroulée dans l'une des dernières années du xix^e siècle – l'emploi de l'électricité qui est à juste titre considérée comme “l'âme de l'univers” avait été poussé aux derniers perfectionnements [22]. » Déjà, dans *Vingt Mille Lieues sous les mers*, J. Verne avait donné pour titre à un chapitre « Tout par l'électricité ». Ce goût pour la vulgarisation technique ne lui est d'ailleurs pas spécifique. Victor Hugo, dans *Les Misérables*, écrit un chapitre entier sur l'histoire et la construction des égouts pour introduire les pérégrinations de Jean Valjean dans les sous-sols de Paris.

Mais revenons aux romans d'anticipation. Une autre figure marque cette littérature : Albert Robida. Le premier roman de ce caricaturiste est une parodie des premiers *Voyages extraordinaires* de Jules Verne. Par la suite, il écrira deux textes importants d'anticipation, *Le Vingtème Siècle* en 1882 et *La Vie électrique* en 1892. Tout oppose Robida à Jules Verne. Là où l'un présente des justifications techniques parfois laborieuses, l'autre prend un plaisir manifeste à inventer des solutions

imaginaires. Mais c'est moins la technique qui l'intéresse que ses usages [23]. Retenons par exemple son téléphonoscope, instrument de conversations galantes mais également moyen de faire ses courses, de suivre des cours et d'écouter la gazette phonographique à l'heure du repas...

Ce goût pour l'utopie technologique n'est pas propre aux spécialistes de l'anticipation. On le trouve également chez de nombreux romanciers de la fin du XIX^e siècle. Villiers de L'Isle-Adam, dans son *Ève future*, publiée dans une première version en 1880, choisit comme héros principal l'un de ses contemporains : Edison. Alors que Mary Shelley faisait appel en 1817 à un savant purement imaginaire, Frankenstein, pour construire un être humain artificiel, Villiers de L'Isle-Adam utilise Edison pour effectuer la même opération. Certes, il précise dans un avis au lecteur : « Chacun sait aujourd'hui qu'un très illustre inventeur américain, M. Edison, a découvert depuis une quinzaine d'années une quantité de choses aussi étranges qu'ingénieuses ; entre autres, le Téléphone, le Phonographe, le Microphone – et ces admirables lampes électriques répandues sur la surface du globe – sans parler d'une centaine d'autres merveilles. [...] L'enthousiasme – des plus naturels – en son pays et ailleurs lui a conféré une sorte d'apanage mystérieux, ou tout comme, en maints esprits. Dès lors le PERSONNAGE de cette légende – même du vivant de l'homme qui a su l'inspirer – n'appartient-il pas à la littérature humaine [24] ? »

L'Ève future est une fable philosophique et mystique sur la façon dont l'homme peut toucher aux mystères de la création. Les utopies technologiques d'Émile Zola et d'Anatole France s'inscrivent dans une autre perspective, celle d'une vision sociale voire socialiste du progrès technique. Dans *Le Travail* (1901), Zola décrit de nouveaux ateliers rendus possibles par l'électricité, qui deviennent clairs, propres et silencieux et permettent au milieu du xx^e siècle de modifier fondamentalement le travail humain. Quant à Anatole France, homme de lettres et bibliophile que rien ne rattache particulièrement à la technique, il imagine dans *Sur la pierre blanche* un monde du xxIII^e siècle dans lequel « les poètes et les romanciers s'éditent phonographiquement et [où] l'on a imaginé pour la publication des pièces de théâtre une combinaison très ingénieuse du phono et du cinémato qui reproduit tout ensemble le jeu et la voix des acteurs ^[25] ». La communication interindividuelle est également profondément transformée : « La télégraphie et la téléphonie sans fil étaient alors en usage d'une extrémité de l'Europe à l'autre et d'un emploi si facile que l'homme le plus pauvre pouvait parler, quand il voulait et comme il voulait, à un homme placé sur un point quelconque du globe ^[26] . »

Ce goût pour l'écriture de fictions d'anticipation s'est également manifesté chez l'un des pères de la sociologie, Gabriel de Tarde. Le grand rival d'Émile Durkheim publie en 1896 ^[27] *Fragments d'histoire future*. Dans cette utopie qui se passe dans un monde souterrain, les hommes utilisent les ressources de la technologie non pas pour augmenter la production des biens de

consommation, mais pour se consacrer à des activités artistiques.

Ces différentes fictions utopiques que l'on retrouve donc chez des auteurs très différents de la fin du XIX^e siècle peuvent apparaître comme le résultat d'une imagination purement littéraire. En fait, il n'en est rien et les inventeurs rêvent également à des techniques imaginaires, à l'usage de leurs inventions. Deux hommes de lettres, qui eurent également une réelle activité technique, montrent à travers leur propre vie qu'imagination littéraire et imagination technique peuvent se rejoindre plus aisément qu'on ne l'imagine.

Charles Cros, dans le dernier tiers du XIX^e siècle, s'intéresse à différents dispositifs de communication. C'est au domaine de la photographie en couleur qu'il consacre le plus d'énergie, obtenant des résultats concrets. Il rédige également une note décrivant le principe du phonographe mais, contrairement à Edison, il ne réalisera jamais de prototype. Le mémoire qu'il dépose en 1869 à l'Académie des sciences sur la communication avec les planètes est probablement moins connu^[28] et plus intéressant pour notre propos. La communication interplanétaire est incontestablement un important thème de préoccupation pour Cros. Il imagine un système analogue à celui des phares avec un puissant foyer électrique et des lentilles. Son intérêt se manifeste aussi par la composition de plusieurs poèmes sur ce thème. Il n'est d'ailleurs pas le seul homme de lettres à se passionner pour ce sujet. Si l'on en croit Anatole France, évoquant les discussions intellectuelles de

l'époque, « nous étions alors de violents darwinistes [...]. La planète Mars nous intéressait aussi et nous étions très occupés des conditions de vie à sa surface. Nous ne doutions pas qu'elle fût habitée [...]. Nous étions persuadés qu'un jour ou l'autre nous établirions des communications avec les hommes et les primates de Mars ^[29] ».

Tout cela n'était que rêverie de littérateur, dira-t-on, et tous ces débats sur la communication avec les planètes prouvent bien qu'en définitive Charles Cros était davantage poète qu'ingénieur ! Cette critique pourrait être juste si l'astronome Camille Flammarion ne s'était pas également intéressé à cette question ^[30]. Trente ans plus tard, alors que la TSF vient d'apparaître, William Preece, ingénieur en chef des Télégraphes britanniques, écrit : « Si une planète est habitée d'êtres identiques à nous et s'ils possèdent de très importantes réserves d'énergie électrique utilisable dans le domaine télégraphique, il serait alors possible de nous entretenir par téléphone avec les habitants de Mars ^[31] ». Au printemps 1919, Marconi annonce que quelques-unes de ses stations de radio avaient reçu des signaux très puissants « semblant venir d'au-delà de la Terre ». Le grand inventeur Nicolas Tesla était persuadé qu'ils venaient de Mars ^[32].

Hugo Gernsback, qui est souvent considéré comme le premier auteur américain de science-fiction avec *Ralph 124C41* + ^[33] publié en 1911, fut également un technicien et un éditeur. En 1906, il commercialise l'un des premiers appareils de TSF bon marché et, deux ans plus tard, il lance l'une des premières

revues techniques de radio. C'est d'ailleurs dans cette revue qu'il publiera son roman en feuilleton. La description des techniques futuristes y occupe une place importante et l'on trouve notamment une description précise des principes de ce qui deviendra trente ans plus tard le radar. Vingt ans après, Gernsback lance le premier magazine spécialisé dans la science-fiction ; il sera, pendant deux décennies, l'un des principaux éditeurs américains dans ce domaine.

L'exemple des utopistes technologiques américains, des romanciers français d'anticipation, de Charles Cros et de Hugo Gernsback montre qu'hommes de lettres et ingénieurs ont concouru à la fin du XIX^e siècle à la définition d'un imaginaire technologique relativement unifié. Il ne se manifeste pas uniquement par la production d'utopies mais également, de façon plus courante, par des discours prospectifs qui n'utilisent même plus la médiation de la fiction pour dire le futur. Amos Dolbear, l'un des inventeurs du téléphone, écrit au début du XX^e siècle un texte intitulé « Électricité et civilisation » dans lequel on peut lire : « Chaque système qui élargit l'environnement de chacun et fait du reste du monde son voisin remplit une réelle mission civilisatrice^[34]. » Edison a également fait de nombreuses déclarations sur les futurs usages des technologies qu'il a inventées.

A côté des inventeurs et des romanciers, il existe également une troisième source pour cet imaginaire technologique, les revues de vulgarisation et plus largement l'ensemble de la presse. Celle-ci ne se contente pas de présenter les inventions et

d'imaginer les usages indiqués par leurs auteurs. Elle participe aussi à la construction d'un imaginaire technologique, par exemple en faisant circuler des rumeurs sur des inventions qui n'ont pas été faites. Ainsi, en 1877, Louis Figuier, célèbre vulgarisateur français annonce-t-il un an après l'invention du téléphone par Bell que celui-ci a mis au point le « télectroscope » qui permet de communiquer par le son et par l'image. Un an après, Punch annonce qu'Edison a inventé un appareil voisin^[35]. Jusqu'à la fin du siècle, on comptera de nombreuses annonces analogues avec des noms d'inventeurs différents. La presse occupe aussi une place importante dans la construction de l'imaginaire des usages. Elle décrira longuement les multiples utilisations de l'électricité dans l'usine de demain, dans la maison du futur. L'imaginaire technique particulièrement riche de la fin du XIX^e siècle associe des dispositifs techniques existants et d'autres à l'état d'ébauche ou de rêve, des usages réels et des usages fantaisistes, finissant par rendre difficiles les prévisions réalistes. « Même parmi les observateurs ayant une compétence scientifique, note l'historienne Carolyn Marvin, peu, dans l'atmosphère inconstante de la fin du XIX^e siècle, sont certains que les fantaisies les plus débridées n'ont pas déjà été transformées en réalités techniques^[36]. »

L'étude de l'imaginaire social de la technique apparaît donc comme une composante importante de l'étude de l'innovation. Plusieurs historiens américains ont commencé à développer un tel programme de travail. Depuis les travaux fondateurs de Leo Marx sur la machine à vapeur, des recherches ont été

entreprises plus récemment par Carolyn Marvin sur l'électricité, Susan Douglas sur la TSF, Joseph Corn sur l'aviation. Rosalind Williams, quant à elle, a étudié le thème du souterrain au XIX^e siècle [37]. Comme l'écrit J. Corn en conclusion d'un ouvrage collectif sur l'imaginaire technologique, les fantaisies les plus naïves « font partie du même milieu culturel dans lequel les inventions prennent place, la technologie est adoptée et se diffuse. Bien qu'on explique habituellement l'activité des inventeurs comme une réponse aux besoins du marché, on peut considérer que les inventeurs ont également répondu aux attentes et aux rêves de leurs contemporains [38] ».

Le discours de l'imaginaire

Après avoir examiné qui sont les auteurs et les supports du discours de l'imaginaire technique, je me propose d'étudier maintenant, à titre d'exemple, le contenu de deux de ces discours : ceux qui ont accompagné respectivement l'émergence de la machine à vapeur et celle de l'électricité.

Leo Marx a étudié ce qu'il appelle la « rhétorique du sublime technologique [39] » qui apparaît au milieu du XIX^e siècle aux États-Unis avec la machine à vapeur. La locomotive est associée à l'idée de puissance, de rapidité. Les images du cheval de fer et du Titan de feu sont souvent utilisées. Une expression revient constamment dans la littérature de l'époque pour caractériser

le chemin de fer et le télégraphe : la négation de l'espace et du temps. Toutefois, si ces techniques sont neuves, elles s'inscrivent toujours dans la perspective des Lumières, dans la croyance au progrès. Les inventeurs deviennent les plus grands héros de l'époque et se substituent aux poètes dans l'imagination populaire. Enfin, il existe une sorte d'affinité entre la nouvelle technologie et le fonctionnement démocratique [40]. Si, d'une part, la nouvelle machine renforce la démocratie, d'autre part le citoyen d'un pays démocratique tire plus qu'un autre les bénéfices de la nouvelle technique. En définitive, comme le note un visiteur étranger, le chemin de fer apparaît « comme la personnification de l'Américain [41] ».

L'imaginaire électrique est assez largement opposé à l'imaginaire de la machine à vapeur. L'électricité, qui est souvent au centre des utopies technologiques de la fin du XIX^e siècle, est associée à des thèmes comme ceux de la dispersion de la population sur le territoire, ou de la diffusion de la culture. L'écrivain écossais Patrick Geddes, biologiste et planificateur urbain, fut ainsi l'un des premiers à présenter l'électricité comme la technique qui devait faire naître un nouvel âge industriel s'opposant à celui de la machine à vapeur. Avec l'entrée dans l'ère néo-technique, l'homme pourrait bâtir une Eutopia [42].

Ce point de vue est partagé par des inventeurs comme Werner von Siemens : « Il est temps, écrivait-il, de construire des stations électriques d'un bout à l'autre du monde [...]. De cette façon, le petit atelier ou la production à domicile pourront

concurrencer les usines qui produisent l'énergie bon marché avec la machine à vapeur [...]. Ils introduiront une complète révolution dans la condition humaine, favoriseront la petite industrie, augmenteront l'agrément de la vie^[43]. » Cette thématique sera largement reprise par les médias. Carolyn Marvin, qui a étudié en détail la presse de l'époque, note parmi les principaux thèmes de l'imaginaire électrique : la décentralisation de la production et, par voie de conséquence, de la population, la fusion de l'espace de travail et de l'espace domestique et même la diminution du taux de divorce^[44] !

Les politiques vont également s'emparer du thème de la « nouvelle société électrique ». Aux États-Unis, dans les années 1930, un représentant de la Ligue pour la démocratie industrielle produit un article intitulé « A Vision in Kilowatts ». « L'électricité, indique-t-il, peut nous donner de façon universelle un niveau de vie élevé, de nouveaux métiers divertissants, des loisirs, la liberté, et la fin de la pénibilité du travail, des embouteillages, du bruit, de la fumée et des ordures^[45]. » L'électricité devient ainsi un thème de la rhétorique politique. Il en sera de même en Russie. On se souvient de la fameuse phrase de Lénine qui fait des Soviets et de l'électricité les deux caractéristiques du socialisme. Aux États-Unis, le *New Deal* fera également la promotion de l'électricité avec la création de la Tennessee Valley Authority et de la Rural Electrification Administration. Roosevelt indiquera dans l'un de ses discours que l'électricité peut conduire à une révolution économique et sociale^[46].

Alors que cet imaginaire électrique est aussi largement répandu chez les utopistes, les ingénieurs, les journalistes, les hommes politiques, pourquoi, se demandent les historiens, ces prévisions se sont-elles révélées aussi fausses ? Pour Thomas Hughes [47], les industriels et les responsables urbains ont utilisé l'électricité pour renforcer les mouvements de concentration qu'ils avaient déjà menés. La technique n'a entraîné aucune révolution sociale, mais elle s'est adaptée aux tendances dominantes de la société. Dans une telle perspective, l'imaginaire technologique pouvait apparaître comme une pure rêverie sans conséquence. Mais il s'agit là d'une vision erronée du rôle de cet imaginaire technique. Une approche où l'on ne s'intéresserait aux utopies technologiques que dans la mesure où elles donneraient des prévisions exactes du futur ne convient évidemment pas. L'histoire de l'imaginaire, pas plus que celle de la technique, n'est une histoire unilinéaire. Bien au contraire, les représentations de la technique sont diverses et en opposition les unes avec les autres. Par ailleurs, au sein de l'imaginaire technologique, les filiations sont encore plus diversifiées et obscures que les filiations techniques.

Dans un intéressant essai sur l'imaginaire technologique, Rosalind Williams note à propos des utopies électriques : « Les prophètes de la décentralisation spatiale, comme de nombreux prophètes sociaux du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle, pensent que nous allons adopter les valeurs de l'ordre, de l'efficacité, et de la planification régionale. Au lieu de cela, des mondes fantastiques nous attirent de tous les côtés [48]. » En définitive, la modernité technologique ne permet pas ce retour

nostalgique à une société rurale réconciliée avec elle-même, mais au contraire construit un espace nouveau, celui de la grande ville, lieu de plaisir. Rosalind Williams oppose cette utopie urbaine aux utopies électriques décentralisatrices. Une figure littéraire illustre merveilleusement cette mythologie urbaine : Baudelaire tel qu'il a été analysé par Walter Benjamin [49]. Le Paris de Baudelaire est une ville allégorique. L'éclairage (au gaz à l'époque) organise la ville en un espace intérieur que le « flâneur » peut arpenter. Les séparations entre l'intérieur et l'extérieur s'estompent, le grand magasin est une sorte de rue, et la rue, avec ses arcades, un espace intérieur. Ces espaces clos sont le monde des plaisirs artificiels qu'offre l'industrie. « En dépit de ses ambiguïtés, note Rosalind Williams, l'utopie d'un monde artificiel et clos a prospéré parce qu'elle était si facile à vendre [...]. Le salon *high-tech* et pseudo-souterrain de Bulwer-Lytton, Jules Verne ou Tarde, imaginé comme un refuge face au réel, apparaît encore plus clairement dans la cabine d'avion, la suite du grand hôtel, la limousine, le bureau directorial, le grand restaurant, ou le passage commercial [50]. »

Ainsi l'imaginaire technique est-il diversifié. Pour certains, l'électricité renvoie à un retour nostalgique vers un espace rural technologisé, pour d'autres, elle symbolise l'espace urbain du luxe et de la consommation. De même, la machine à vapeur symbolisera la puissance pour les uns, l'enfer pour les autres [51]. A travers ces deux exemples, nous voyons bien que les représentations sociales d'une même technique sont souvent contradictoires. Différents imaginaires techniques produisent

des visions du futur contrastées. Une réflexion sur les relations entre l'imaginaire technique et l'innovation doit donc intégrer le jeu entre ces différentes représentations.

La place de l'imaginaire dans le processus d'élaboration technologique

L'imaginaire technologique joue-t-il un rôle dans le développement de l'innovation ? Pour pouvoir répondre à cette question, il convient tout d'abord d'intégrer un des résultats des analyses précédentes qui revient à poser que l'imaginaire technologique, sous différentes composantes souvent antagonistes, est souvent commun aux innovateurs et aux utilisateurs. Nous sommes bien loin d'un schéma déterministe où le père fondateur d'une technologie ou un industriel manipulateur diffuseraient dans la société leurs conceptions de la nouvelle technique. Cela étant admis, le débat sur la place de l'imaginaire technologique ne peut se limiter, comme c'est trop souvent le cas, au constat du degré de réalisation des prévisions technologiques. Si l'on veut déterminer le rôle de l'imaginaire, il faut étudier de façon très précise les représentations des concepteurs et des premiers utilisateurs d'un objet technique, et voir comment les choix de conception ou d'usage sont influencés par ces représentations. Celles-ci constituent autant

d'éléments que les différents acteurs utiliseront pour promouvoir telle ou telle solution technique, pour la modifier ou pour stopper tel ou tel autre projet. L'imaginaire technique ne constitue en aucun cas le simple embryon d'un futur cadre de référence socio-technique. C'est une ressource disponible pour les acteurs au même titre que les phénomènes physiques connus, ou les pratiques sociales existantes.

Chappe, par exemple, est bien conscient que les nouvelles représentations de l'espace et de l'État apparaissant sous la Révolution sont un élément central pour défendre son projet. Il l'écrit explicitement à Lakanal, son avocat auprès de la Convention : « Comment [nos opposants] n'ont-ils pas été frappés de l'idée ingénieuse que vous avez développée hier [...] ? L'établissement du télégraphe est, en effet, la meilleure réponse aux publicistes qui pensent que la France est trop étendue pour former une République^[52]. » On pourrait également citer bien d'autres exemples présentant comment les inventeurs ont mobilisé différentes représentations pour construire un cadre socio-technique.

Ainsi Joanne Yates a-t-elle montré dans un travail récent qu'une nouvelle idéologie managériale avait joué un rôle important dans le développement des technologies d'information (machine à écrire, machine à dupliquer, machine mécanographique) dans la seconde moitié du XIX^e siècle. Cette nouvelle idéologie managériale est apparue comme une réponse à la crise de coordination à laquelle étaient confrontées des entreprises dont les effectifs croissaient très rapidement.

Les procédures écrites ont constitué alors la méthode la plus efficace de coordination. Pour ce faire, des « machines d'information » paraissaient nécessaires autant pour l'usage immédiat que pour constituer des statistiques de référence. Les techniques d'information étaient devenues le symbole des méthodes modernes et pouvaient être utilisées même quand cela n'était pas justifié économiquement. « Ces idées furent largement diffusées parmi les entrepreneurs par l'intermédiaire de publications, d'associations et grâce aux interventions des consultants et à de nombreuses rencontres informelles qui présentaient les modèles de la nouvelle pratique managériale. Cette idéologie qui poussait à l'utilisation des techniques d'information était renforcée par la diffusion de ces techniques [53]. »

Alors que ce travail de J. Yates porte davantage sur la place de l'idéologie dans la diffusion d'une technique, je voudrais examiner au contraire le rôle de l'imaginaire dans l'élaboration technique elle-même. Pour ce faire, j'ai retenu une autre technique d'information plus contemporaine, le micro-ordinateur, dont j'analyserai les liens avec la contre-culture américaine. Nous disposons pour étudier cet exemple du travail très approfondi du journaliste Steven Levy [54]. Celui-ci, au lieu de s'intéresser comme beaucoup de ses confrères aux fondateurs d'Apple ou de Microsoft et d'écrire ainsi de nouvelles hagiographies, a consacré un ouvrage aux *hackers*, ces hobbyistes informatiques qui seront particulièrement actifs sur la côte ouest américaine dans les années soixante-dix. Levy organise son récit non pas à partir des inventeurs, mais autour

des lieux d'échange : clubs et revues. C'est là que divers projets, différentes utopies vont s'entrecroiser. C'est l'un des principaux lieux où va se construire le cadre socio-technique de la micro-informatique.

Dans les mouvements contre-culturels américains du début des années soixante-dix, l'informatique apparaît essentiellement liée à l'armée, aux grandes compagnies et, plus largement, à un système de contrôle social centralisé. « Les ordinateurs, peut-on lire dans une publications de l'époque, sont principalement utilisés contre le peuple plutôt que pour lui, utilisés pour le contrôler et non pour le libérer ^[55] ... » Quelques informaticiens marginaux imaginent alors un usage radicalement différent : « Un système de communication qui permet aux gens de prendre contact les uns avec les autres en exprimant leurs intérêts mutuels sans avoir à tenir compte du jugement d'un tiers ^[56] . » De cette façon, l'informatique pourrait devenir un instrument de guérilla contre toutes les bureaucraties. Cette utopie informationnelle va donner naissance à plusieurs structures alternatives à partir de 1971-1972. Le Resource One entreprend ainsi de constituer une base de données urbaines alternatives, un annuaire des services sociaux et des groupes communautaires. La People's Computer Company crée une boutique où les habitants du quartier peuvent venir s'initier à l'informatique. Enfin, la Community Memory (une nouvelle branche de Resource One) crée une autre boutique avec un terminal simplifié qui permet de consulter une base de données d'annonces, et à chacun de rentrer ses propres messages. Tous ces projets alternatifs reposent sur des matériels anciens. Ils

utilisent des mini-ordinateurs en propre ou du temps machine sur des gros systèmes. Une telle solution présente plusieurs inconvénients. Ces outils informatiques sont particulièrement peu transparents : en cas de difficulté de programmation, l'utilisateur n'a qu'un simple message d'erreur, sans autre précision. Par ailleurs, de telles machines ne peuvent pas se diffuser largement dans la société.

Il convient donc de construire un nouveau type d'ordinateur. Lee Felsenstein, l'un des animateurs de Community Memory, décide en 1974 de se lancer dans cette aventure, avec l'idée de construire un outil capable de s'adapter aux désirs spécifiques des utilisateurs, selon les principes élaborés par Ivan Illich dont il est un fidèle lecteur. La mise au point par les ingénieurs d'Intel, quelques dizaines de kilomètres plus loin, en 1971, d'un nouveau composant, le microprocesseur, offre une opportunité pour ces constructeurs de nouveaux ordinateurs. Toutefois, pour mener à bien sa conception décentralisatrice de la technique informatique, Felsenstein réfléchit sur une architecture complexe où plusieurs processeurs travailleraient en coopération. Il n'est pas le seul à cette époque à imaginer une nouvelle race d'ordinateurs. D'autres jeunes ingénieurs, travaillant dans des sociétés informatiques, passent leurs soirées et parfois leurs nuits sur de tels projets. La plupart en parlent peu, une telle idée paraissant généralement absurde à toute personne raisonnable. La preuve en est qu'Intel n'envisage en aucun cas une telle utilisation de son microprocesseur. Toutefois, au début de l'année 1975, un groupe se crée (le Homebrew Computer Club), dont Felsenstein

devient rapidement le principal animateur. Ce club d'informatique domestique se donne pour objectif de réunir les *hackers* qui cherchent à construire un ordinateur ou un terminal de visualisation. A la première réunion, on constate que six des trente-deux participants ont déjà construit un système se rapprochant d'un micro-ordinateur. Soudain, une pratique qui était restée individuelle et souterraine se socialise. Le premier balbutiement d'un cadre de référence est posé.

Deux mois auparavant, une revue new-yorkaise pour hobbyistes, *Popular Electronics*, publiait un article sur un ordinateur, l'Altair, qui pouvait être acheté en kit chez une petite PME inconnue du Nouveau-Mexique. Celle-ci misait sur un marché de quatre cents exemplaires. Les commandes atteindront ce chiffre dès le premier jour pour une machine pourtant très difficile à utiliser (les données doivent être introduites une à une en langage binaire, le résultat des opérations doit être décrypté à partir de pastilles lumineuses qui s'allument et s'éteignent tour à tour). L'Altair est donc avant tout la machine de ceux qui veulent construire leur ordinateur chez eux. Il sera au centre des débats du Homebrew Computer Club où l'on discutera notamment des éléments périphériques à ajouter : mémoire additionnelle, écran de visualisation, ainsi que d'un interpréteur Basic qui permette de programmer plus facilement.

Le Homebrew Computer Club se révélera être un lieu de débat particulièrement fécond. Non seulement de nombreux participants y réaliseront leurs propres machines, mais

plusieurs d'entre eux mettront au point des machines commerciales : Felsenstein, le Sol (1976) et Wozniak, l'Apple II.

Ces *hackers*, qui sont profondément attachés à une culture de l'échange, du partage, de la convivialité, réagissent très différemment face à la perspective de « lancer un business ». Felsenstein loue ses services à une entreprise naissante et réinvestit ses revenus dans un projet de relance du Community Memory. Wozniak, qui à l'origine construit un ordinateur pour son propre plaisir, hésite à se lancer avec son ami Steve Jobs dans la création d'Apple [57]. Dans le domaine des logiciels, l'éthique de libre circulation de l'information des *hackers* se heurte à la stratégie des nouveaux entrepreneurs. Alors que certains concepteurs de logiciels fournissent un exemplaire à ceux qui le leur demandent pour un prix quasi nul (quelques dollars pour les frais de copie), d'autres comme Bill Gates [58] réclament des royalties. La première attitude est malgré tout la plus courante puisque, au démarrage, Apple offrira à la demande l'interpréteur Basic et sa documentation.

Ce conflit entre deux systèmes de valeurs n'est évidemment pas spécifique des pionniers de la micro-informatique ; on le retrouvera chez de nombreux représentants de cette génération de 1968. Ce qui est plus intéressant à noter, c'est la façon dont ce conflit a été résolu. Si certains ont utilisé le micro-ordinateur pour relancer leur projet de démocratie informatique, d'autres sont devenus de nouveaux capitaines d'industrie. Ils gardent néanmoins de la tradition contre-culturelle l'idée que la micro-informatique doit être conviviale et décentralisée, deux

éléments forts du nouveau cadre socio-technique. Apple fut tout particulièrement le porteur de cette image de la micro-informatique, non pas qu'il soit fondamentalement différent des autres industriels, mais parce qu'il a su tout particulièrement construire son image autour de ce thème.

En 1977, avec Apple, le micro-ordinateur abandonne le monde des hobbyistes pour devenir un *home computer*. C'est le début de la diffusion de masse de cette nouvelle machine et de son cadre de référence. Le gouverneur de Californie Jerry Brown, qui se passionne pour cette nouvelle technique, ne déclare-t-il pas en 1978 que le micro-ordinateur participe d'« une culture entièrement différente », et qu'ainsi « l'information est un égalisateur et détruit les hiérarchies ^[59] ».

De cette histoire du micro-ordinateur, on peut tirer trois conclusions :

1. Le sentier, dont une technique stable va dépendre, n'est pas linéaire comme dans le point de vue amontiste, ni même arborescent comme chez Paul David, mais foisonnant. En effet, on trouve à l'origine de la micro-informatique de multiples projets qui cheminent en parallèle, se croisent, s'appuient éventuellement les uns les autres : d'une part, celui de *hackers* qui veulent inventer une informatique populaire – mais d'autres *hackers* veulent simplement relever un défi technique ; d'autre part, celui de chercheurs professionnels qui veulent exploiter les potentialités du micro-processeur. Les ingénieurs des grandes entreprises ne réussiront pas à convaincre leur

direction alors que les inventeurs-entrepreneurs sortiront les premiers micro-ordinateurs.

2. L'innovation, au sens de production d'un cadre de référence, est une activité fondamentalement sociale. A l'origine de la technique, on ne trouve pas quelques inventeurs héroïques, inconnus et solitaires qui noircissent des pages de plans la nuit dans leur chambre ou bricolent des week-ends entiers dans leur garage. On trouve avant tout des lieux de socialisation où ces projets sont présentés et où, de l'affrontement entre des hypothèses différentes, naît un premier cadre de référence. Dans le cas de la micro-informatique, ces lieux de socialisation furent essentiellement des clubs, des journaux contre-culturels ; dans d'autres cas, il s'agit plutôt de revues techniques légitimes, de colloques, d'expositions, d'institutions de normalisation... Toutes ces instances participent à la production des cadres de référence.

3. L'imaginaire technique est bien une composante centrale du développement des techniques. Sans les mythes produits par la contre-culture américaine au début des années soixante-dix, le micro-ordinateur serait sans doute resté une simple curiosité. L'idéologie de l'informatique pour tous, décentralisée, donne soudain une tout autre portée au bricolage de Wozniak dans son garage. Toutefois, on ne peut parler d'influence de la contre-culture sur le projet micro-informatique que si l'on se situe dans une approche analogue à celle de Baxandall. C'est-à-dire que ce sont Wozniak, Steve Jobs et bien d'autres qui choisissent d'associer les valeurs de la contre-culture avec leur

passion pour l'informatique. Ils définissent les problèmes qu'ils choisissent d'affronter. L'idéologie communautaire ne crée pas à elle seule le micro-ordinateur. Au mieux, elle produit un cadre d'usage mythique. Un personnage exprime bien, dans le récit de Steven Levy, cette faiblesse du rêve technologique : Fred Moore. Celui-ci est l'un des deux fondateurs du Homebrew Computer Club. Pour lui, ce groupe est essentiellement un lieu de convivialité, un espace d'échange sur des bases non marchandes. Mais, dans le fond, le bricolage informatique ne l'intéresse guère et il finira par quitter le club... La base de l'activité des *hackers* est une immersion à la fois dans la contre-culture et dans l'univers du bricolage informatique, ces deux composantes n'étant pas simplement juxtaposées mais intimement liées. Le lien nécessaire à l'établissement d'un cadre socio-technique permanent est constitué par des acteurs. Les rêves techniques ou sociaux n'ont donc pas d'autre pouvoir que de fournir des ressources pour l'action.

Notes du chapitre

[1] ↑ Thierry GAUDIN, *Pouvoirs du rêve*, CRCT, Neuilly, 1984, p. 13.

[2] ↑ Jacques PERRIAULT, *La Logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*, Flammarion, Paris, 1989, p. 25.

[3] ↑ Philippe BRETON, « L'esprit et la matière, bref plaidoyer pour une sociologie amontiste des techniques », in Jacques PRADES, *La Technoscience. Les fractures du discours*, op. cit., p. 45.

[4] ↑ Michael BAXANDALL, *Formes de l'intention*, op. cit., p. 106.

[5] ↑ *Ibid.*

[6] ↑ Michael BAXANDALL, *op. cit.*, p. 107.

[7] ↑ Paul VALÉRY écrit également à propos de Baudelaire : « Le problème de Baudelaire [...] devait [...] se poser ainsi : “être un grand poète mais n'être ni Lamartine, ni Hugo, ni Musset”. Je ne dis pas que ce propos fut conscient, mais il était nécessairement en Baudelaire – et même essentiellement Baudelaire » (Charles BAUDELAIRE, *Les Fleurs du mal*, Introduction de Paul Valéry, Paris, 1926, p. X).

[8] ↑ Voir *supra*, chapitre 4.

[9] ↑ Philippe BRETON, *La Formation des valeurs et le champ de la sécurité informatique. Étude d'un corpus de textes de la littérature professionnelle*, CNET, ronéo, 1993, p. 48. Voir également ID., *L'Utopie de la communication*, La Découverte, Paris, 1992.

[10] ↑ Cité par Paul CERUZZI, « An Unforeseen Revolution : Computers and Expectations, 1935-1985 », in Joseph CORN, *Imagining Tomorrow, History, Technology and the American Future*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1987, p. 197. Voir également Paul CERUZZI, *Reckoners, the Prehistory of the Digital Computer 1935-1945*, Greenwood Press, 1983.

[11] ↑ Raymond WILLIAMS, *Television, Technology and Cultural Form*, Fontana/Collins, Londres, 1974, p. 19.

[12] ↑ Sur l'histoire du télégraphe et de la télévision, voir Patrice FLICHY, *Une histoire de la communication moderne. Espace public et vie privée*, *op. cit.*

[13] ↑ Carolyn MARVIN, *When Old Technologies were New. Thinking about Electric Communication in the Late Nineteenth Century*, Oxford University Press, New York, 1988, p. 154.

[14] ↑ Témoignage de William Preece, futur directeur technique du British Post Office, cité par Carolyn MARVIN, « The Electric Light as a Communication Medium » in Joseph CORN, *op. cit.*, p. 206. Sur les débuts de l'éclairage électrique en France, voir Alain BELTRAN et Patrice CARRÉ, *La Fée et la Servante. La société française face à l'électricité*, Bel in, Paris, 1991.

[15] ↑ Bronislaw BACZKO, *Lumières de l'utopie*, Payot, Paris, 1978, p. 16.

[16] ↑ *Ibid.*, p. 18.

[17] ↑ Bronislaw BACZKO, *op. cit.*, p. 404.

[18] ↑ On trouve également chez Lewis MUMFORD un grand intérêt pour les utopies technologiques. Voir notamment le chapitre « Le progrès considéré comme une science-fiction » du *Mythe de la machine*, t. II, Fayard, Paris, 1974, p. 265-309.

[19] ↑ *Ibid.*

[20] ↑ Louis Sébastien Mercier, l'auteur du *Tableau de Paris*, est souvent considéré comme ayant écrit le premier roman d'anticipation publié en 1771 : *L'An 2440*. L'électricité occupait une place importante dans ce roman.

[21] ↑ Howard SEGAL, *Technological Utopianism in American Culture*, University of Chicago Press, Chicago, 1985, p. 32.

[22] ↑ Jules VERNE, *Le Château des Carpathes*, Hachette, « Livre de Poche », Paris, 1994, p. 213 (première édition, 1888).

[23] ↑ Dominique LACAZE, « Lectures croisées de Jules Verne et de Robida » in François RAYMOND et Simone VIERNE, *Jules Verne et les sciences humaines*, 10/18, Paris, 1979, p. 77-89.

[24] ↑ VILLIERS DE L'ISLE-ADAM, *L'Ève future*, in *Œuvres complètes*, t. I, Gallimard, « La Pléiade », Paris, 1986, p. 765.

[25] ↑ Anatole FRANCE, *Sur la pierre blanche*, in *Œuvres*, t. III, Gallimard, « La Pléiade », Paris, 1991, p. 1123 (première édition, 1905).

[26] ↑ Anatole FRANCE, *op. cit.*, p. 1114.

[27] ↑ Le roman de Tardé, quoique publié à la fin de sa vie, a été écrit en 1879, avant l'élaboration de son œuvre sociologique. C'est donc une sorte de conte sociologique qui préfigure certains des thèmes qu'il abordera plus tard dans ses travaux de sciences sociales.

[28] ↑ Charles CROS, *Étude sur les moyens de communication avec les planètes* (1869), in *Œuvres complètes*, Gallimard, « La Pléiade », Paris, 1970, p. 510.

[29] ↑ Anatole FRANCE, « Le Café Procope », *L'Univers illustré*, 26 juillet 1890, cité in Charles CROS, *op. cit.*, p. 1221.

[30] ↑ Voir notamment Camille FLAMMARION, *Mémoires biographiques et philosophiques d'un astronome*, Flammarion, Paris, 1911 (« Un grand esprit méconnu : Charles Cros », p. 479-483).

[31] ↑ William PREECE, *Review of Reviews*, 18 décembre 1898, p. 715, cité par Susan DOUGLAS, « Amateur Operators and American Broadcasting : Shaping the Future of

Radio », *in* Joseph CORN, *Imagining Tomorrow*, *op. cit.*, p. 35. En 1902, l'Académie française offrait le prix Guzman à la première personne qui entrerait en communication avec les êtres d'une autre planète. Mars était exclue du prix dans la mesure où l'on considérait que cette planète était sûrement habitée.

[32] ↑ Susan DOUGLAS, *ibid.*, p. 54.

[33] ↑ Voir notamment Jacques SADOUL, *Histoire de la science-fiction moderne (1911-1984)*, Robert Laffont, Paris, 1984, p. 29-30.

[34] ↑ Cité par Carolyn MARVIN, *When Old Technologies were New*, *op. cit.*, p. 192.

[35] ↑ Cité par Albert ABRAMSON, *The History of Television, 1880 to 1941*, McFarland, Londres, 1987, p. 7-8.

[36] ↑ Carolyn MARVIN, *When Old Technologies were New*, *op. cit.*, p. 194.

[37] ↑ Leo MARX, *The Machine in the Garden Technology and the Pastoral Ideal in America*, Oxford University Press, New York, 1964 ; Carolyn MARVIN, *When Old Technologies were New*, *op. cit.* ; Susan DOUGLAS, *Inventing American Broadcasting (1899-1922)*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1987 ; Joseph CORN, *The Winged Gospel : America's Romance with Aviation 1900-1950*, Oxford University Press, New York, 1983 ; Rosalind WILLIAMS, *Notes on the Underground. An Essay on Technology, Society and the Imagination*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1990.

[38] ↑ Joseph CORN, *Imagining Tomorrow*, *op. cit.*, p. 228.

[39] ↑ Leo MARX, *op. cit.*, p. 195.

[40] ↑ L'articulation entre le chemin de fer et la démocratie est également un des éléments de la pensée saint-simonienne en France. Michel Chevalier écrit, par exemple : « Améliorer les communications, c'est travailler à la liberté réelle, positive et pratique [...], c'est étendre les franchises du plus grand nombre autant et aussi bien qu'il est possible de le faire par des lois d'élection » (*in Les Lettres sur l'Amérique du Nord*, t. II, p. 3, Gosselin, Paris, 1836).

[41] ↑ *Ibid.*, p. 208.

[42] ↑ Lewis Mumford fut l'un des principaux disciples de P. Geddes. Dans son histoire de la technique, l'électricité est au cœur de la phase néo-technique. Voir Lewis MUMFORD, *Technique et civilisation*, Le Seuil, Paris, 1950.

[43] ↑ Cité par James CAREY et John QUIRK, « The Mythos of the Electronic Revolution », *The American Scholar*, vol. 39, n° 2, printemps 1970, p. 230.

[44] ↑ Carolyn MARVIN, « Dazzling the Multitude : Imagining the Electric Light as a Communications Medium », in Joseph CORN, *op. cit.*, p. 203.

[45] ↑ Stuart CHASE, « A Vision in Kilowatts », *Fortune*, 1933, cité par James CAREY et John QUIRK, *art. cité*, p. 234.

[46] ↑ James CAREY et John QUIRK, *art. cité*, p. 235.

[47] ↑ Thomas HUGHES, « Visions of Electrification and Social Change », in *Un siècle d'électricité dans le monde*, Association pour l'histoire de l'électricité en France, PUF, Paris, 1987.

[48] ↑ Rosalind WILLIAMS, *op. cit.*, p. 113.

[49] ↑ Walter BENJAMIN, « Baudelaire », in *Paris, capitale du XIX^e siècle*, Le Cerf, Paris, 1989, p. 247-405.

[50] ↑ Rosalind WILLIAMS, *op. cit.*, p. 113.

[51] ↑ Sur l'association entre l'industrie charbonnière et métallurgique et l'enfer, voir Rosalind WILLIAMS, *op. cit.*, p. 66. Elle cite de nombreux textes littéraires décrivant l'univers industriel comme un enfer. Elle donne également l'exemple inverse d'illustrations du « Paradis perdu » qui renvoient à un paysage de mines.

[52] ↑ Voir Patrice FLICHY, *op. cit.*, p. 21.

[53] ↑ Joanne YATES, « Evolving Information Use in Firms, 1850-1920. Ideology and Information Techniques and Technologies », in Lisa Bud FRIERMAN (ed.), *Information Acumen. The Understanding and Use of Knowledge in Modern Business*, Routledge, Londres, 1994, p. 27.

[54] ↑ Steven LEVY, *Hackers, Heroes of the Computer Revolution*, Dell Book, New York, 1985.

[55] ↑ Steven LEVY, *op. cit.*, p. 172.

[56] ↑ *Ibid.*, p. 156.

[57] ↑ Ce point, qui peut apparaître hagiographique, est confirmé par plusieurs auteurs, notamment par Jeffrey YOUNG, *Steve Jobs : un destin fulgurant*, Micro Application, Paris, 1989, et par Everett ROGERS et Judith LARSEN, *Silicon Valley Fever. Growth of High-technology Culture*, Basic Books, New York, 1984.

[58] ↑ Bill Gates créera par la suite Microsoft.

[59] ↑ Jerry BROWN ESQUIRE, février 1978, cité par Theodore ROSZACK, *The Cult of Information*, Lutterworth Press, Cambridge (Mass.), 1986, p. 144.

7. La genèse des cadres socio-techniques

A l'issue de la présentation des travaux des historiens de l'innovation, historiens économiques de la technique d'une part, historiens de l'imaginaire d'autre part, on peut tirer quelques premières conclusions. L'histoire de la technique et de ses usages se construit selon trois lignes entremêlées : celles du hasard, de la nécessité et du vouloir humain, individuel et collectif. Comme je l'ai indiqué au début du chapitre 5, la causalité historique est profondément différente de celle des sciences de la nature, elle relève plus du jugement que de la déduction. Parmi les faisceaux de causes qui peuvent expliquer un événement technique, on trouve, comme l'a montré Paul David, toute une série de choix passés qui sont devenus irréversibles. Plus on est en amont du processus innovatif, plus les choix sont ouverts. Les solutions retenues dépendent du hasard et de l'action des acteurs stratégiques. Plus on est en aval, plus les choix sont fermés, plus ils sont déterminés par le passé. Bien entendu, un dispositif technique complexe associe des éléments pour lesquels le choix est ouvert et d'autres pour lesquels il est plus fermé.

Dans une situation de choix ouvert, comme dans l'activité artistique étudiée par Baxandall, il ne faut pas considérer que l'acteur stratégique est influencé par tel ou tel phénomène

(technique ou social), mais plutôt que l'acteur va mobiliser un certain nombre de ressources pour effectuer ses choix. C'est cette perspective historique que je vais utiliser pour étudier la genèse des cadres socio-techniques. Il s'agit de choix techniques situés en amont et par conséquent très ouverts. Quand s'élabore un cadre de référence, d'autres alternatives existent. Expliquer des choix, c'est être capable d'analyser les alternatives qui n'ont pas été retenues et de préciser pourquoi.

Je partirai de la distinction élaborée au chapitre 4 entre cadre de fonctionnement et cadre d'usage. J'étudierai successivement la genèse de ces deux cadres, puis leur articulation au sein du cadre socio-technique. Enfin, dans un dernier paragraphe, je reviendrai sur les grandes étapes qui caractérisent le développement d'une innovation.

De l'imaginaire technique au cadre de fonctionnement

Voyons tout d'abord comment se constitue un cadre de fonctionnement. Comme je l'ai déjà indiqué dans le chapitre précédent, il n'y a aucune continuité entre les utopies techniques et la réalisation des premiers artefacts. L'utopie peut avoir son propre développement sans « embrayer » sur le moindre début de conception d'artefact. Pour s'acheminer vers une réalisation technique, il faut que l'inventeur positionne son

projet dans un cadre de fonctionnement. Pour voler, on peut, par exemple, penser à développer un engin plus léger que l'air. Pour voyager avec un tel engin il faut y adjoindre un dispositif de locomotion (moteur et hélice). On trouve là deux cadres de fonctionnement possibles qui mènent au dirigeable. Mais l'utilisation d'un moteur permet aussi de faire voler un engin plus lourd que l'air. On voit alors deux options s'opposer. Il faut immédiatement signaler que ce résumé élémentaire, voire simpliste, du développement des machines à voler tombe en plein sous le coup des critiques du chapitre précédent sur la vision *a posteriori* de l'histoire technique. En effet, Joseph de Montgolfier ne raisonnait pas en termes de « plus léger que l'air », puisqu'il attribuait aux fumées le pouvoir ascensionnel et qu'à la fin de sa vie il imaginait plutôt que le ballon prenait de l'altitude à cause de phénomènes électriques [1]. Un cadre de fonctionnement n'est donc pas la rencontre d'une utopie technique et d'une théorie scientifique, il s'élabore de façon plus complexe.

Dans cette phase d'élaboration, les inventeurs peuvent essayer successivement plusieurs cadres de fonctionnement. Ainsi la communauté des télégraphistes et des électriciens imagine-t-elle dès le démarrage du télégraphe électrique de communiquer sans fil. Tout au long du XIX^e siècle, plusieurs cadres vont être essayés : celui de la conduction par le sol ou par l'eau, celui de l'induction électrostatique puis de l'induction électrodynamique. Mais les projets techniques qui essaient de réaliser une utopie en utilisant de façon systématique les connaissances scientifiques disponibles ne réussissent pas

toujours. Il peut également arriver qu'un innovateur importe une théorie scientifique qui *a priori* ne répond pas au problème posé, et que, contre toute attente, il réussisse. Ainsi, alors que les physiciens considéraient que les ondes hertziennes avaient une portée maximale de quelques dizaines de mètres, Marconi pensa qu'au contraire elles constituaient l'artefact qui permettait de réaliser de la télégraphie sans fil.

Un cadre de fonctionnement peut aussi être constitué par mutation d'un cadre de fonctionnement précédent. Graham Bell, comme nous l'avons vu, cherche dans celui de la télégraphie le moyen de mener une action spécifique : développer un dispositif multiplex, c'est-à-dire transportant simultanément plusieurs communications. Au cours de ses expériences, il remarque qu'un fil télégraphique peut transmettre du son. Il construit alors un nouveau cadre de fonctionnement : celui de la téléphonie.

Dans ces différentes opérations d'élaboration d'un cadre de fonctionnement, il y a très souvent des opérations de transfert, de passage, de médiation, de traduction. Ces opérations sont diverses. Elles peuvent venir de la science ou d'un autre cadre de fonctionnement technique. Patrick Fridenson a montré, dans une recherche sur la genèse de la 2 CV Citroën [2], qu'une partie des originalités de cette voiture venait du transfert vers l'automobile de matériaux ou de solutions techniques issues de l'aéronautique. Les responsables du bureau d'études de la firme avaient eux-mêmes travaillé dans l'aviation et trouvèrent là une solution pour alléger ce nouveau véhicule, ce qui était une

condition *sine qua non* pour concevoir une voiture populaire à bas prix.

Les transferts peuvent également se faire avec la science. Le glissement d'un domaine à l'autre peut aussi bien aller de la science vers la technique que de la technique vers la science. Dans un cas, on considère généralement que l'ingénieur applique la science, dans l'autre, que le scientifique cherche à expliquer le fonctionnement de dispositifs techniques.

En conclusion d'un remarquable travail sur la genèse de la radio, l'historien américain Hugh Aitken s'interroge sur ces opérations de transfert. Ce ne sont pas seulement des échanges d'informations. Il faut qu'il y ait un agent actif qui assure le transfert, la médiation. Certains inventeurs, et notamment ceux qui sont à l'origine de nouveaux cadres de fonctionnement, occupent cette fonction sociale. « Ce sont des traducteurs. Ils doivent manier couramment plus d'un langage, être à l'aise dans plusieurs environnements, s'adapter à plusieurs règles du jeu^[3]. » Ces traducteurs finissent ainsi par créer un langage nouveau. Une telle problématique de la traduction, définie il y a près de vingt ans par Aitken et reprise plus récemment par la nouvelle école française de sociologie des sciences^[4], est évidemment fondamentale pour comprendre comment se crée un cadre de référence.

Mais l'élaboration du cadre de fonctionnement ne se limite pas seulement à choisir quelques grands principes techniques. L'analyse que fait Simondon du processus de concrétisation (cf.

chapitre 5) décrit bien le travail ingrat et quotidien du concepteur. Un dispositif technique ne devient stable que lorsque l’agencement des parties a trouvé une forme définitive. Au démarrage d’une innovation, on trouve des principes, des schémas, des descriptions abstraites de processus. Par la suite, on trouvera des maquettes, des prototypes qui permettront de vérifier les intentions initiales. Bien sûr, l’artefact sera différent de sa première version papier. La confrontation à la résistance de la matière, des objets, modifie les idées initiales. Le premier objet n’est que « la traduction physique d’un système intellectuel », selon le mot de Simondon [5]. Par la suite, les différents éléments vont converger dans un objet technique concret, plus compact. Chaque élément est maintenant intégré dans un système qui a acquis sa propre cohérence. L’objet devient une « boîte noire » qui fonctionne, pour l’utilisateur profane mais aussi pour l’ingénieur, sans que l’on ait besoin de se remémorer l’articulation des différents sous-ensembles. Le cadre de fonctionnement a trouvé sa stabilité. On assiste alors à ce phénomène de verrouillage technologique que j’ai évoqué plus haut.

Un objet technique n’est jamais seul. Il s’inscrit soit dans une famille d’innovations utilisant les mêmes composants techniques, soit dans un système technique plus large. On trouve, par exemple, à la base des télécommunications numériques, des techniques informatiques. Ces mêmes techniques commencent également à être utilisées dans l’image vidéo. La télévision constitue, elle aussi, un système technique. L’avènement de la télévision couleur il y a trente ans ou de la

télévision numérique dans l'avenir nécessite la mise au point simultanée de caméras, de systèmes de transmission et de récepteurs. Cet aspect systémique est une composante importante du cadre de fonctionnement. Celui-ci constitue le mode de fonctionnement en commun de différents outils techniques.

Le cadre de fonctionnement organise également les interactions entre les différents acteurs. Comme le paradigme de Kuhn, de Constant ou de Dosi, il finit par être adopté par toute une communauté technique. Ce choix s'étend ensuite du monde de la recherche-développement à celui de la fabrication ou de la réparation. Il cadre aussi l'action des utilisateurs. Bien entendu, il n'y a pas de diffusion en l'état de ce cadre de fonctionnement des laboratoires à l'utilisateur. Il est négocié avec les différents acteurs.

Cette négociation peut prendre de nombreuses formes. On peut soit aboutir à un cadre de fonctionnement strictement identique pour tous les acteurs, soit arriver à des compromis qui permettent à chacun de trouver ce qu'ils souhaitent avoir. La négociation des normes internationales dans le domaine des techniques de réseau (énergie électrique, télécommunications) est un bon exemple de la mise au point d'un cadre de fonctionnement commun. Pour pouvoir interconnecter des réseaux et des terminaux entre eux, il est nécessaire d'adopter des normes techniques communes. La complexification croissante des réseaux, la concurrence entre les opérateurs font que l'on ne réussit pas toujours à trouver un accord. Dans ce

cas, un compromis est établi sur un groupe de normes avec un tronc commun et de multiples variantes, qui peuvent d'ailleurs être communes à un sous-ensemble d'acteurs^[6]. On articule ainsi cohérence et diversité.

Les négociations du cadre de fonctionnement ne se déroulent pas seulement dans les instances de normalisation, mais à de très nombreux niveaux, tout d'abord entre les membres d'un laboratoire, puis entre ceux-ci et leur communauté technique sous forme d'articles ou de communications dans des colloques. Les laboratoires doivent également négocier avec les fabricants. Les bureaux des méthodes de l'usine vont refuser telle proposition, demander telle modification pour pouvoir assurer une fabrication efficace au meilleur coût. Une dernière négociation a enfin lieu avec les usagers. Elle concerne la représentation technique qui sera mise en avant et l'interface entre l'utilisateur et la machine. Quand un fabricant de Compact Disque Image (CDI) insiste, par exemple, sur le fait que ce lecteur d'images n'est pas un système informatique, alors qu'il comporte un microprocesseur de pilotage, mais un système qui permet de « zapper » intelligemment entre les images, il essaie de donner une représentation télévisuelle et non informatique de son nouvel appareil. Il propose également un système d'interface facilement accessible.

Les types de négociation du cadre de fonctionnement avec les utilisateurs sont multiples. Dans le laboratoire, on tient déjà compte des utilisateurs. Par exemple, quand on élabore un terminal audiovisuel, on pense d'emblée à l'encombrement, à

l'environnement visuel ou sonore des utilisateurs, etc. Le service marketing intervient également pour s'adapter aux représentations techniques des usages. Le service d'ergonomie étudie les interfaces. L'un et l'autre, à travers différents tests, négocient avec des individus concrets qu'ils investissent d'une fonction de représentation de la masse des usagers.

En définitive, la mise au point d'un cadre de fonctionnement ne concerne pas que les innovateurs, mais tous les acteurs de la technique. A la suite de négociations dans divers forums (cf. chapitre 4), on aboutit à un objet frontière.

De l'imaginaire social au cadre d'usage

La désignation des objets techniques peut faire référence à leur fonctionnement ou à leur usage. C'est ainsi qu'on a désigné la même machine informatique par le vocable de micro-ordinateur ou par celui d'ordinateur personnel. L'inscription des usages dans le nom d'un artefact technique est bien le signe qu'on associe un certain type d'usage à un certain type d'artefact technique. De son côté, Alain Gras note que « pour comprendre la réussite ou l'échec d'une technologie, il ne suffit pas d'en écrire une histoire interne. Le fait technique [...] parle à l'imaginaire, il s'inscrit dans la conscience collective et y

trouve son sens en même temps qu'il participe à la transformation de l'environnement [7] ».

Cette inscription du fait technique dans une histoire sociale plus large apparaît très clairement quand on examine l'imaginaire d'usage d'une nouvelle technique. Du milieu du XVIII^e siècle à celui du XIX^e, on a vu, par exemple, apparaître trois modèles d'usage des télécommunications. Les textes ou gravures du XVIII^e siècle dont nous disposons associent généralement le télégraphe optique ou le téléphone à ficelle à la communication amoureuse. En une époque où la correspondance intime est une pratique assez courante dans l'aristocratie, c'est ce cadre d'usage qui est imaginé pour ces nouveaux outils de communication. Pendant la Révolution, puis sous l'Empire et la Restauration, une nouvelle forme d'État plus structurée et unifiée apparaît, et la télécommunication est alors imaginée comme un nouveau moyen de gestion de l'État. Pour Barère, le télégraphe est « un moyen qui tend à consolider l'unité de la République par la liaison intime et subite qu'il donne à toutes les parties [8] ».

Dans les années 1830, enfin, un nouveau cadre d'usage est envisagé pour le télégraphe, celui de la transmission des informations boursières. Ce cadre est non seulement proposé par les promoteurs de nouvelles lignes télégraphiques, mais il est également repéré par les adversaires de ces projets, issus soit de la classe politique, soit de celle des affaires. Ainsi le député français Fulchiron estime-t-il, en 1837, que les lignes télégraphiques à usage privé ne servent qu'à « établir un

brigandage, afin de voler ceux qui ne savent pas les nouvelles de la Bourse^[9] ». A la même époque, les chambres de commerce belges considèrent que « le télégraphe est inutile au commerce et ne sert que les intérêts des boursiers^[10] ». Il est important de noter que cette évolution des cadres d'usages se fait indépendamment d'un autre débat qui va apparaître quelques années plus tard entre les partisans de deux cadres de fonctionnement : télégraphe optique, ou télégraphe électrique.

Si la question du cadre d'usage renvoie aux grandes représentations d'une époque, il faut toutefois noter que celui-ci, comme le cadre de fonctionnement, s'élabore au cours d'un processus complexe. Au début, on assiste à une confrontation des différentes représentations du nouvel artefact technique. Puis se déroule, comme dans le schéma de Simondon, une phase de concrétisation. Enfin, les premières utilisations vont amener une modification du cadre d'usage, et l'on constatera alors un phénomène de rétroaction par rapport au cadre initial.

Mais revenons au début du processus. Parmi les différentes représentations de la technique, celle des ingénieurs est intéressante à observer, comme le note François Caron : « La littérature technique de toutes les époques, celle des revues d'ingénieurs aussi bien que celle des brevets d'invention, exprime un projet sociétal cohérent et précis qui justifie l'invention décrite, toujours présentée comme une réponse apportée à un besoin ou à une aspiration^[11]. » Dans ces grands projets sociaux, les concepteurs choisissent souvent une application particulière qui leur permet de construire un

premier cadre d'usage, cela à titre essentiellement démonstratif et pour convaincre des investisseurs, leur directeur de laboratoire ou la direction générale de l'entreprise de l'intérêt du nouvel artefact technique qu'ils mettent au point. Ainsi Graham Bell, voulant démontrer dans des lieux publics ce qu'était le téléphone, demanda à l'un de ses assistants placé à quelques kilomètres de là de jouer d'un instrument de musique. Il proposait ainsi, comme nous l'avons vu, un cadre d'usage du téléphone fondé sur la diffusion de musique et non sur l'échange de paroles. A la lumière de différents documents historiques, on peut estimer que Bell ne voyait pas là le cadre d'usage du futur téléphone, mais simplement un cadre démonstratif. De même, les différents laboratoires qui travaillent, en ce milieu des années quatre-vingt-dix, sur les nouveaux réseaux de télécommunications large bande à grand débit avec des techniques asynchrones présentent régulièrement des expériences multimédias où l'image occupe une place importante. Ils veulent ainsi montrer les possibilités iconiques de ces nouveaux réseaux, alors que beaucoup de leurs promoteurs estiment que, dans un premier temps, ils serviront principalement pour des liaisons entre ordinateurs à très haut débit.

Par la suite, quand les concepteurs veulent mettre en place un premier cadre d'usage effectif, ils ont souvent tendance à adapter celui d'objets voisins. Ainsi les premiers ingénieurs du téléphone imaginent-ils un cadre d'usage analogue à celui du télégraphe : envoyer des messages. Edison, inventeur professionnel travaillant pour les compagnies de télégraphe ou

de téléphone, imagine également que le phonographe peut être utilisé pour enregistrer les messages téléphoniques. Un conflit opposera alors Edison à ses licenciés. Ceux-ci proposent un autre cadre d'usage : la diffusion de musique dans des lieux publics. D'autres innovateurs, comme Berliner, auront également l'idée de faire une capture, de transférer cet outil dans un cadre d'usage radicalement nouveau, celui de la famille victorienne qui, consommant beaucoup de musique *at home*, pourrait offrir un lieu d'accueil pour une machine à musique.

Les premiers ingénieurs américains du téléphone tenteront de formaliser leur vision du cadre d'usage dans les instructions portées en tête des annuaires téléphoniques, qui préciseront que les communications devront être courtes pour ne pas empêcher les appels prioritaires destinés au monde des affaires. Mais les usagers, et notamment ceux des zones rurales, vont élaborer un autre cadre d'usage : celui de la conversation téléphonique [12]. Nous voyons ainsi apparaître un nouvel acteur qui intervient dans l'élaboration du cadre d'usage. Il est important de bien avoir conscience qu'il n'est pas le seul. Car ce cadre d'usage n'est pas seulement l'affaire des usagers ou des services de marketing, mais également celle des inventeurs. Chacun des acteurs imagine un cadre d'usage abstrait, pour reprendre l'expression de Simondon, et de la négociation sort un cadre concret. Cette négociation peut prendre plusieurs formes. Elle peut être directe. Chappe, par exemple, a discuté avec la Convention le cadre d'usage de son télégraphe. Elle peut également être indirecte. Elle se déroule alors avec des

représentants virtuels des usagers que les différentes techniques d'enquête d'opinion réussissent à faire émerger. Le questionnement des utilisateurs, par sa mécanique même, permet de construire le cadre d'usage. Cécile Méadel, en conclusion d'un article sur l'histoire des sondages dans la télévision des années cinquante, note que « la télévision de ces années-là se construit par les questions qu'elle pose à ses publics. Les miroirs qu'elle dresse en permanence autour d'elle lui tracent ses propres contours, lui permettent de se définir, en définissant l'autre [13] ».

Dans ce jeu d'élaboration successive du cadre d'usage, il existe deux lieux de médiation importants, l'équipe projet et les premiers sites où l'artefact est utilisé. L'équipe projet est relativement formalisée dans les programmes d'innovation contemporains et comprend ordinairement des représentants des différents services de l'entreprise (recherche-développement, fabrication, marketing...) [14]. Au XIX^e siècle, elle était généralement limitée à une famille (les frères Chappe, les frères Lumière) ou à un inventeur et quelques collaborateurs (Bell, Edison, Marconi). Dans cette équipe, la question du cadre d'usage est largement débattue, surtout au début, dans la période où il faut définir les grandes fonctionnalités, et plus tard, lorsque le produit va sortir sur le marché. Au sein du groupe, chacun des participants arrive avec sa représentation des usages potentiels, sa connaissance des modes de vie. Et de cette confrontation naît généralement un premier cadre d'usage.

Les premières utilisations d'un nouveau système technique sont un autre moment où le cadre d'usage peut se transformer. Prenons un exemple contemporain. De nombreux travaux sociologiques ont été effectués sur les débuts de la télématique française ; ils montrent bien comment on est passé d'une conception du vidéotex comme accès à de grandes bases de données à une nouvelle vision où le dialogue devenait essentiel, soit à travers des messageries, soit, plus simplement, dans le cadre de services de transaction [15]. Certains auteurs ont vu dans cette évolution une revanche des usagers contre les ingénieurs. Il s'agit plus simplement d'un phénomène normal de médiation entre concepteurs et usagers.

A la suite de ces différentes médiations qui vont transformer le cadre initial, le nouveau cadre d'usage acquiert une certaine stabilité. Ce cadre s'apparente à une norme sociale ou à une convention. Il peut parfois prendre une forme juridique. Les quelques cas que j'ai pu étudier dans le domaine des télécommunications et de l'audiovisuel montrent bien le rôle que peut jouer la loi. Celle-ci vient essentiellement soutenir un cadre d'usage défaillant qui, en quelque sorte, se refuse à céder la place à un nouveau cadre en train d'apparaître.

Ainsi, depuis la Révolution jusqu'aux années 1830, il est clair que le cadre d'usage du télégraphe est celui de la communication d'État. En 1832, on l'a vu, se met en place une télégraphie privée destinée à la communication boursière. Une ligne est construite entre Paris et Rouen. Après un moment d'hésitation, l'État décide d'interdire ce projet et fait voter la loi

de 1837 qui instaure le monopole public des télécommunications. Quinze ans après, une nouvelle loi autorisera l'utilisation commerciale des réseaux publics. Il en sera de même un siècle plus tard, en France, avec la radio-télévision. Si, après la guerre, l'État développe ces deux médias dans un cadre de monopole public, il faudra attendre la loi de 1972 pour voir codifier ce monopole et celle de 1978 pour sanctionner les infractions au monopole. Au moment même où un nouveau cadre apparaît – celui d'une pluralité de stations et de programmes –, la loi va codifier le cadre d'usage ancien [\[16\]](#).

Le cadre de référence socio-technique

Une innovation ne devient stable que si les acteurs techniques ont réussi à créer un *alliage* entre le cadre de fonctionnement et le cadre d'usage. Comme dans tout alliage, la force de l'articulation est telle que l'on ne peut plus retrouver les composantes initiales dans le produit final. Le cadre socio-technique n'est pas la somme du cadre de fonctionnement et du cadre d'usage, mais une nouvelle entité.

L'articulation entre les deux cadres ne correspond pas à une nécessité. Elle s'inscrit néanmoins dans une gamme de possibilités. Par exemple, les dispositifs techniques de transmission du son peuvent être utilisés pour diffuser de la

musique. Mais, pour construire de nouveaux alliages, comme celui de la radio qui associe la transmission du son par les ondes électromagnétiques, entretenues grâce à la triode, et l'écoute familiale des chansons à la mode dans le confort douillet du salon de l'entre-deux-guerres, il aura fallu l'histoire particulière d'individus qui créeront des passerelles entre des mondes différents. Parmi ces passeurs, on trouve Marconi, qui va sortir les ondes hertziennes des amphithéâtres où elles servaient uniquement à illustrer les théories de Maxwell pour en faire un véritable moyen de transport à distance. Fessenden, autre passeur, tente simultanément de réaliser un autre dispositif d'émission et de réception des ondes hertziennes qui permette de transmettre le son. De Forest cherche également, avec la triode, une autre voie pour transmettre des sons. Mais il essaie aussi de diffuser à la volée (*broadcast*) de l'information et de la musique. Chacun de ces individus fait un choix qui permet de préciser, de réorienter le nouveau cadre socio-technique. Petit à petit, ces rapprochements, qui paraissent étonnantes, voire incongrus aux contemporains, prennent une assise, une solidité. Industriels et usagers produisent et consomment au sein de ce nouveau cadre de référence. Un phénomène de verrouillage socio-technique finit par se produire, un nouvel alliage est constitué. Si l'articulation ondes hertziennes/musique familiale paraît de prime abord arbitraire, à chaque étape de la médiation l'arbitraire se réduit.

Toutefois il est essentiel d'avoir bien conscience que nous ne nous situons pas dans un modèle univoque de déterminisme technique ou social. Les ondes hertziennes ne créent pas la

musique familiale, pas plus que la musique familiale n'invente les ondes hertziennes. L'alliage entre les deux est construit par une série de médiations.

Comme l'ont bien montré Antoine Hennion et Jean-Paul Simon dans des articles récents [17], cette approche de la médiation a été largement développée par l'école anglo-saxonne contemporaine d'histoire sociale de l'art. Dans *L'Œil du Quattrocento*, Michael Baxandall montre que la production d'un peintre est un compromis entre son projet d'expression personnelle et la façon dont il anticipe les demandes de ses commanditaires, les attentes de son public. Peintre et public inscrivent leur relation dans un répertoire culturel commun qui constitue les éléments de la médiation qui les lie. En pleine Renaissance italienne, il s'agit tout d'abord de la Bible enseignée par les prédicateurs : leurs sermons « préparaient le public au répertoire des peintres, et les peintres respectaient la catégorisation émotionnelle généralement admise [18] ». Les mathématiques utilisées par les commerçants pour mesurer rapidement dans un monde sans unité de mesure unifiée constituent un deuxième type de médiation. « Le statut des capacités mathématiques dans la société, écrit Baxandall, était, pour le peintre, un encouragement à les affirmer ouvertement dans ses peintures... C'était pour qu'il manifeste cette aptitude que son patron le payait [19]. »

Baxandall a précisé sa méthode dans son ouvrage déjà cité, *Formes de l'intention*. Il prend ses distances vis-à-vis des rapprochements hâtifs entre l'art et d'autres phénomènes

sociaux. Il critique, par exemple, l'analogie proposée par certains entre la première peinture cubiste de Picasso et la nouvelle physique d'Einstein. Un tel rapprochement fait l'économie d'une analyse des médiations entre l'art et la science. Pour pouvoir parler d'analogie, il faut deux conditions, selon Baxandall. Il convient tout d'abord que la science « touche à des aspects précis de l'expérience visuelle dont on trouvera peut-être un équivalent pictural ». En second lieu, il convient de trouver « quelques indices prouvant qu'un rapprochement de cet ordre était au moins concevable pour les gens de l'époque [20] ».

Je me suis livré, dans un précédent travail [21], à une analyse du même type à propos du télégraphe Chappe. J'ai essayé de reconstruire les médiations qui ont été mises en place pour assurer l'alliage d'un sémaphore et de la communication d'État. Le lieu principal de la médiation était le Comité d'instruction publique de la Convention. C'est là qu'arrivaient diverses propositions de savants et d'ingénieurs. Ce comité assura également la réforme du calendrier et des poids et mesures. Certains de ses membres avaient déjà participé au redécoupage administratif de la France. Il était donc le moteur d'une vaste entreprise de rationalisation qui touchait notamment au redécoupage du temps et de l'espace. Il expertisa le projet de Chappe et saisit qu'il y avait là un moyen de vaincre le temps et l'espace et d'assurer l'unification de la République. C'est donc la rationalisation du temps et de l'espace qui assure la médiation entre le sémaphore et la communication d'État.

Dans la constitution de l'alliage entre cadre de fonctionnement et cadre d'usage intervient un médiateur important dont je n'ai pas encore parlé : le prix. De toute évidence, nous ne sommes pas dans la situation de la théorie micro-économique où une courbe de demande (quantité en fonction du prix) rencontre une courbe d'offre. Dans la situation qui m'intéresse ici, de constitution des cadres d'usages et de fonctionnement, il existe ordinairement trop d'incertitudes pour pouvoir construire de telles courbes. Toutefois, il est possible de savoir s'il peut exister une certaine adéquation entre l'enveloppe du prix du cadre de fonctionnement et celle du cadre d'usage. Les pionniers de la micro-informatique dont j'ai parlé plus haut n'ont pu mettre en place le *home computer* qu'ils avaient imaginé car le prix de revient des micro-ordinateurs était trop élevé pour autoriser une utilisation domestique. Il a fallu modifier le cadre d'usage et passer au *personal computer* de bureau. Une partie de l'utopie initiale s'est malgré tout retrouvée dans cet outil, qui est souvent devenu un instrument d'autonomie par rapport aux gros systèmes informatiques, mais la médiation du prix a transformé le cadre socio-technique initial. Aujourd'hui, la baisse des prix de revient permet de revenir au projet initial, le *home computer*.

A l'articulation des deux cadres, on trouve également l'aspect extérieur de l'objet technique et les points de contact entre l'homme et la machine, ce que l'on appelle dans le domaine informatique les interfaces homme-machine. L'aspect extérieur d'un objet naissant est souvent très significatif des tensions qu'il y a entre le cadre de fonctionnement et le cadre d'usage.

Prenons les premiers wagons de chemin de fer. « On s'est d'abord contenté, note Konrad Lorenz, de mettre une diligence sur des roues de chemin de fer. Ensuite, on a trouvé que l'empattement de la voiture à chevaux était trop court, on a donc allongé cet empattement et par là même toute la voiture. [...] On y a posé, si bizarre que cela puisse paraître, toute une série de carrosseries habituelles de diligences ordinaires, les unes à la suite des autres. Ces carrosseries "fusionnèrent" au niveau des parois transversales et devinrent des compartiments, mais les portes latérales [...] restèrent inchangées [22]. » Cette mise en volume du wagon de chemin de fer signale bien une continuité du cadre d'usage avec la diligence. A l'inverse, dans le cadre de fonctionnement, il y a rupture totale. Comme le rappelle Schumpeter, on a beau faire évoluer la diligence, on n'obtient jamais le chemin de fer.

Si nous prenons maintenant un objet contemporain comme le micro-ordinateur, les interfaces seront évidemment différentes selon qu'il s'agit d'une machine universelle, c'est-à-dire destinée essentiellement au travail de bureau, ou au contraire d'un appareil de jeu. Ainsi, pour un même objet de base, un cadre d'usage différent va-t-il modifier l'objet à la marge.

Il faut enfin signaler qu'au cours de l'histoire des développements d'un cadre socio-technique, le rôle rempli par le cadre de fonctionnement et le cadre d'usage ne sera pas le même. Dans certains cas, généralement les innovations de produits, la concrétisation du cadre de fonctionnement précède celle du cadre d'usage. Dans le laboratoire, les représentations

des usages sont souvent floues. On y réfléchit plus à l'usage technique qu'à l'usage social. Dans un autre cas, celui des innovations de processus, le cadre d'usage est défini en premier lieu. Ainsi, dans le cas de l'appareillage scientifique étudié par Eric von Hippel [23], les utilisateurs définissent-ils précisément le cadre d'usage et peuvent-ils donc l'indiquer aux concepteurs.

Une fois que le cadre socio-technique est stabilisé, les acteurs considéreront l'essentiel du cadre comme une boîte noire. Ils sont néanmoins susceptibles d'intervenir activement sur tel ou tel élément : les laboratoires et les industriels sur le cadre de fonctionnement, les services de marketing et les usagers sur le cadre d'usage. On se retrouve alors dans un situation où l'interaction entre les deux cadres devient plus faible.

Pour terminer cette réflexion sur l'élaboration du cadre socio-technique, rappelons que le processus de stabilisation est lent. Au début, le cadre est encore très fragile. La formule de l'alliage n'est pas encore parfaite et elle peut facilement être modifiée. Petit à petit, la communauté technicienne se convertit à ce nouveau cadre. L'offre se diversifie, d'autres constructeurs apparaissent ; les vendeurs, les réparateurs sont convaincus de l'intérêt des nouveaux cadres et, dès lors, de plus en plus d'usagers l'adoptent. L'alliage devient plus solide, les cadres alternatifs sont abandonnés. On entre dans la « dynamique vertueuse » des rendements croissants d'adoption (cf. *supra*, chapitre 5). Se combinent alors les effets de l'apprentissage par la pratique productive et des économies d'échelle, ceux de l'apprentissage par l'usage, des économies externes de réseau,

du rendement croissant de l'information et des complémentarités techniques. Au bout d'un certain temps, le cadre socio-technique s'étant définitivement imposé, on assiste, comme on l'a dit, au verrouillage technologique.

Le cadre socio-technique stable n'est d'ailleurs pas seulement celui d'un artefact technique, mais celui de tout un système technique. Les travaux déjà cités de Thomas Hughes sur les débuts de l'éclairage électrique montrent bien, par exemple, qu'il fallait non seulement associer une source d'énergie et l'ampoule électrique, mais également un système de transport et des principes de tarification ^[24].

Les trois temps de l'innovation

Dans le processus d'élaboration des cadres socio-techniques, on peut distinguer plusieurs phases que l'on retrouve dans la plupart des cas d'innovation. Tout d'abord, dans un moment que l'on pourrait caractériser comme la préhistoire de l'innovation, se déroulent différentes histoires parallèles qui ne sont pas liées entre elles. Dans une deuxième phase, un certain nombre d'éléments vont commencer à converger de façon encore très utopique et abstraite, c'est la phase de l'objet-valise. Enfin, dans la dernière, différents acteurs vont s'affronter, négocier entre eux pour trouver un accord, c'est la phase de l'objet frontière.

Histoires parallèles

Quand on veut étudier la préhistoire d'une innovation, la période antérieure à l'établissement du cadre socio-technique, une question de méthode se pose : quels sont les mondes sociaux que l'historien de l'innovation doit convoquer ? *A priori*, deux solutions sont possibles : soit il s'en tient aux choix des acteurs, soit il sélectionne les mondes sociaux qui lui paraissent importants compte tenu de la forme définitive de l'innovation. Dans le premier cas, on risque de ne pas étudier tel monde social qui jouera un rôle essentiel par la suite dans le développement de l'innovation, mais auquel les premiers innovateurs n'ont guère pensé. Ainsi, quand Edison met au point le phonographe, il ne s'intéresse guère à l'utilisation musicale. Il n'y a donc pas de raison d'étudier l'évolution de la pratique musicale à domicile.

A retenir la seconde solution, on risque de produire une « illusion rétrospective de fatalité ». L'historien alors est dans la position du romancier qui écrit l'histoire de différents personnages destinés à se rencontrer. De plus, il négligera tel monde social auquel appartenait tel innovateur, mais qui sera éliminé par la suite. Pour garder l'exemple du phonographe, l'historien ne s'intéressera guère dans ce cas au travail de bureau, bien que pour Edison cela ait constitué le cadre d'usage de la machine parlante.

La seule façon de résoudre cette contradiction est d'écrire en parallèle l'histoire de tous les mondes sociaux concernés, ceux qui ont été convoqués par les innovateurs, comme ceux qui n'apparaissent que bien plus tard et qui jouent par la suite un rôle essentiel. Prenons l'exemple du phonographe. Au titre du cadre de fonctionnement, plusieurs mondes sociaux interviennent, comme ceux des spécialistes de la téléphonie (Edison, Bell, Berliner...) ou des scientifiques qui s'intéressent à l'enregistrement de la parole (Scott de Martinville). Du côté du cadre d'usage, la diversité est plus grande. Diverses histoires parallèles doivent être étudiées. Celle du travail de bureau qui commence à s'automatiser à cette époque, celle des téléphonistes qui cherchent une mémoire relais pour communiquer à longue distance, celle de tous les collectionneurs et autres amateurs de souvenirs et, bien sûr, celle de toute la pratique musicale qui se développe autour du piano et de la chanson.

Ces histoires parallèles appartiennent à des registres différents. Celles qui sont liées au cadre de fonctionnement sont celles des communautés techniciennes, des groupes humains spécifiques et de taille réduite. Au contraire, les histoires associées au cadre d'usage concernent des ensembles sociaux beaucoup plus larges. Elles se situent plutôt dans la tradition de l'école historiographique française des Annales, dans la ligne de l'histoire des mentalités et des pratiques, c'est une histoire de la longue durée. Il faut enfin signaler que la variété de ces histoires parallèles fait qu'une innovation n'a pas de point

d'origine unique, mais au contraire plonge ses racines plus ou moins profondément dans des terrains différents.

L'objet-valise

La rencontre entre les différents mondes sociaux se réalise d'abord sous un mode imaginaire, c'est la phase de l'objet-valise. D'un côté, des écrivains ou des journalistes imaginent les nouvelles technologies et leurs applications. D'un autre côté, les inventeurs proposent de nombreux usages pour leur machine pour convaincre leurs bailleurs de fonds et plus largement la société tout entière de leur utilité sociale. Les acteurs potentiels d'un nouvel objet technique apportent des projets et des utopies qui peuvent concerner aussi bien un mode de fonctionnement technique qu'un nouvel usage.

Cette abondante littérature utopique est tout particulièrement développée dans le domaine des techniques de réseaux (transport, énergie...) et encore plus dans celui de la communication électronique. Pour prendre des exemples contemporains, la télématique, le câble et aujourd'hui les autoroutes de l'information et le multimédia ont traversé chacun cette phase d'objet-valise. Examinons plus en détail ce dernier exemple. Les promoteurs du disque optique (CD Rom), qui n'ont pas conçu ce produit spécifiquement pour le multimédia, voient là une occasion de dynamiser leurs

appareils. Fabricants et éditeurs proposent l'équation multimédia = CD Rom. De son côté, l'industrie du matériel informatique voit dans le multimédia la possibilité de lancer une nouvelle gamme d'ordinateurs. Les fabricants de logiciels préparent les programmes associés et offrent également leur savoir-faire pour la télévision interactive ou pour permettre à l'utilisateur une gestion intelligente des multiples programmes proposés par la télévision numérique. Pour les opérateurs de réseaux, le multimédia devient également une occasion de diversification. Certains câblo-opérateurs, notamment en Grande-Bretagne, proposent un service téléphonique acheminé par le réseau câblé. A l'inverse, les opérateurs de télécommunications testent la possibilité de transporter la télévision sur leurs réseaux.

Si nous quittons le terrain technique pour celui du politique, les autoroutes de l'information apparaissent à certains gouvernements comme de nouvelles infrastructures qui pourraient servir de base à une relance économique, constituer une composante essentielle d'une politique keynésienne de grands travaux. Pour d'autres hommes politiques, ces autoroutes permettent au contraire de mettre fin à un encadrement réglementaire encore très rigide. Une politique dynamique de libéralisation devrait entraîner une baisse des prix des services de télécommunications et d'audiovisuel et donc une forte croissance de la consommation.

Enfin, certains utilisateurs potentiels de services de télécommunications voient dans le multimédia la possibilité de

relancer des projets d'usages spécifiques qui, jusqu'à maintenant, n'avaient jamais trouvé leur maturité. Les agences d'aménagement du territoire ressortent leurs projets de télétravail. De même, la télésanté et la télééducation apparaissent à certains comme une bonne solution pour freiner voire stabiliser des dépenses médicales ou de formation qui augmentent beaucoup plus vite que le PIB.

Ainsi les espoirs placés dans le multimédia dépassent-ils largement ce que peut offrir un objet technique, si ouvert soit-il. Mais surtout, les projets envisagés sont au mieux juxtaposés et parfois franchement opposés. La période de l'objet-valise est donc particulièrement instable, soit elle s'épuise d'elle-même, soit elle débouche sur une phase de négociation et d'élaboration.

L'objet-valise reflète également le caractère profondément ambigu de la technologie, que note Cornelius Castoriadis : « L'émerveillement devant les artefacts, la facilité avec laquelle le commun des mortels, comme les “prix Nobel” se laissent emprisonner dans de nouvelles mythologies (les “machines qui pensent” ou la “pensée comme machine”) accompagnent souvent, chez les mêmes, une clamour qui monte contre la technique rendue soudain responsable de tous les maux de l'humanité [25] . »

Si l'on peut lire toute cette période de l'objet-valise comme une bulle idéologique qui va se dégonfler par la suite, quand les promoteurs de la nouvelle technique vont être confrontés aux

dures réalités de l’élaboration et de la mise sur le marché, cette période est en fait celle où s’esquisse encore sous un mode imaginaire différents rapprochements qui pourront constituer par la suite des cadres socio-techniques. C’est dans cette période que les ingénieurs découvrent des possibilités d’usage auxquelles ils n’avaient guère pensé, que les usagers entendent parler d’une nouvelle technique dont ils ignoraient tout. Ainsi à la fin des années soixante-dix, à la suite de la publication du rapport de Simon Nora et d’Alain Minc sur l’informatisation de la société [26], un nouveau mot sera forgé : télématique. Le videotex n’était plus seulement une maquette de laboratoire mais un débat de société. Il n’était cependant toujours pas présent sur le marché mais ses usages virtuels s’étaient enrichis.

L’objet frontière

L’objet-valise correspond à une phase d’indétermination dans les choix technologiques. Une large gamme de possibles reste ouverte, tant au niveau du cadre de fonctionnement qu’à celui du cadre d’usage. Il s’agit alors de lever les ambiguïtés, de dissiper les confusions, de définir un objet au contour plus précis, de passer de l’utopie à la réalité, de l’abstraction à la concrétisation, de construire un objet frontière. Pour transformer un objet-valise en un objet frontière, il y a tout un travail spécifique à effectuer. Il faut trier entre les différents

projets pour ne retenir que ceux qui peuvent devenir compatibles. Mais cette compatibilité n'est pas donnée à l'avance, il faut la construire, la négocier avec les différents acteurs concernés. Ceux-ci ne pourront participer à un projet commun que s'ils y trouvent leur intérêt. En revanche, tout n'est pas ouvert à la négociation, chaque monde a un certain nombre de spécificités qui sont au centre de son fonctionnement et que les autres partenaires ne peuvent pas remettre en cause.

Mais avant les négociations, ce sont les controverses et les affrontements qui apparaissent, non plus seulement au niveau du discours, comme dans la phase de l'objet-valise, mais au niveau des réalisations techniques. Le courant alternatif s'oppose au courant continu, le gramophone au phonographe, les calculateurs numériques aux calculateurs analogiques. Les conflits ne touchent pas seulement le cadre de fonctionnement, mais aussi le cadre d'usage : l'utilisation des calculateurs pour la gestion s'oppose à l'utilisation militaire ; l'écoute et l'enregistrement du son peuvent servir au bureau ou à domicile, etc. Chacun de ces conflits ne correspond qu'à une appréhension partielle de l'objet technique, à tel ou tel élément de son fonctionnement ou de son usage. Aussi leur résolution ne peut-elle être assurée localement, elle doit être organisée globalement. Aux États-Unis, au début du xx^e siècle, le débat sur la radiotélégraphie et la radio-téléphonie, d'une part, et sur les lampes électroniques (diode, triode), d'autre part, sont autonomes mais sont résolus ensemble. La triode est un élément majeur du développement de la radio, mais en même

temps l'expansion de la radio favorise le développement de cette lampe. De même, le gramophone (appareil à disque) l'emporte sur le phonographe (appareil à rouleau) en misant sur l'usage musical et non sur celui de machine de bureau.

Dans ce processus d'élaboration d'un objet frontière qui s'appuie sur différents mondes sociaux, certains individus jouent un rôle important de médiation. Berliner associe l'enregistrement du son et la musique familiale, Edison l'électricité et l'éclairage, etc. Ce travail de médiation nécessite une connaissance suffisante des différents mondes sociaux concernés, pour trouver une solution acceptable par chacun. Cette médiation peut correspondre soit à un compromis (comme dans le cas du lancement du disque compact par Philips et Sony), soit à une capture (Marconi utilise les ondes hertziennes, objet de laboratoire, pour faire de la télégraphie sans fil). A l'issue de ces médiations, le cadre socio-technique se solidifie, et l'on assiste à un verrouillage socio-technique. C'est souvent dans l'organisation des circuits financiers entre les différents acteurs de l'innovation qu'apparaissent le plus clairement les conventions de coopération entre les différents acteurs. Ainsi, dans le cas du videotex, France Télécom perçoit la recette auprès des usagers, la répartit entre les deux réseaux de transport concernés (téléphone et réseau de données Transpac) et les centres serveurs (machines informatiques), qui eux-mêmes rétrocèdent une partie de la recette aux fournisseurs d'information (notamment la presse). Ce circuit manifeste ainsi que le videotex n'est plus l'enfant des Télécoms

mais un objet frontière auquel collaborent différents partenaires, dont la presse qui y était au début très opposée [27].

La stabilité du cadre socio-technique

Le nouvel objet frontière est bien différent de l'objet-valise initial. Cela n'aurait donc pas de sens de faire de l'objet-valise une matrice de l'objet définitif. Celui-ci est le résultat des contraintes venant d'un cadre de référence plus large (les télécommunications pour le videotex), de rapprochements hasardeux et de l'action des acteurs stratégiques. Au sein du nouveau cadre socio-technique, l'innovation continuera à se développer. Différentes gammes d'objets techniques se mettront en place, plusieurs générations de matériels ou de services verront le jour. L'incertitude est plus faible, nous sommes ici dans le domaine de l'innovation tactique. Quant aux usagers, ils « braconnent » au sein du cadre socio-technique, ils s'approprient et se réapproprient le nouvel objet. On peut retrouver alors des registres plus classiques d'analyse. Comme le notent Pierre Dockès et Bernard Rosier, « quand la répétition est suffisamment fréquente pour que le “common knowledge” soit stabilisé (chacun sait que les autres savent qu'il sait), la singularité disparaît et l'histoire cède la place à la théorie économique traditionnelle [28] ». Le calcul économique devient possible et l'on peut plus facilement évaluer la demande. On calcule les prix de revient avec une assez grande certitude.

Dans le dispositif innovatif, la réduction du coût est partie intégrante du challenge des concepteurs. Leur préoccupation principale est souvent de trouver des solutions techniques pour réaliser un produit à tel coût [29].

Dans cette période d'innovation, on peut donc établir des prévisions. Au contraire, les périodes précédentes sont celles de la rétrospection. Aucune prévision ne peut y être réalisée avec tant soit peu de certitude, la diversité des utopies technologiques est bien là pour le montrer. La cohérence des trois premiers temps est construite par les acteurs stratégiques d'une part, par l'historien de l'autre, et ces constructions sont fondamentalement différentes. La première se situe en termes de projets et d'occasions saisies. La seconde est reconstruite à partir d'un résultat final qui, par définition, n'est pas connu des acteurs.

Notes du chapitre

[1] ↑ Thierry GAUDIN, *Pouvoirs du rêve*, op. cit., p. 21.

[2] ↑ Patrick FRIDENSON, « Genèse de l'innovation : la 2 CV Citroën », *Revue française de gestion*, n° 70, sept.-oct., 1988, p. 35-44.

[3] ↑ Hugh AITKEN, *Syntony and Spark. The Origins of Radio*, John Wiley and Sons, New York, 1976. Conclusion traduite en français sous le titre « Science, technique et économie. Pour une problématique de la traduction », *Réseaux*, n° 60, CNET, Paris, 1993, p. 81-82.

[4] ↑ Voir Bruno LATOUR, *La Science en action*, op. cit.

[5] ↑ Gilbert SIMONDON, *Du mode d'existence des objets techniques*, op. cit., p. 46.

[6] ↑ Voir Paul DAVID et Dominique FORAY, « Percolation Structures, Markov Random Fields and the Economics of EDI Standards Diffusion », in G. POGOREL (ed.), *Global Telecommunication Strategies and Technological Change*, Elsevier, Amsterdam, 1993 ; Richard HAWKINS, *Public Standards and Private Networks : some implications of the Mobility Imperative*, SPRU, Brighton, 1993 ; Bernard MARTI, « La normalisation du vidéotex », in Michel FENEYROL et Agnès GUÉRARD (éds), *Innovation et recherche en télécommunications*, op. cit.

[7] ↑ Alain GRAS, *Grandeur et dépendance. Sociologie des macro-systèmes techniques*, PUF, Paris, 1993, p. 83.

[8] ↑ Cité par Patrice FLICHY, *Une histoire de la communication moderne. Espace public et vie privée*, op. cit., p. 21.

[9] ↑ *Ibid.*, p 40.

[10] ↑ Jean-Pierre VERCRUYSSSE et Pascal VERHOEST, « La structuration du rôle de l'État dans le secteur des télécommunications en Belgique au XIX^e siècle », *Réseaux*, n° 49, CNET, Paris, 1991, p. 97.

[11] ↑ François CARON, « Histoire économique et dynamique des structures », *L'Année sociologique*, PUF, Paris, 1991 p. 117.

[12] ↑ Voir Claude FISCHER, *American Calling, a Social History of the Telephone*, University of California Press, 1992. Traduction partielle in *Réseaux*, n° 55, CNET, Paris, 1992.

[13] ↑ Cécile MÉADEL, « De la formation des comportements et des goûts. Une histoire des sondages à la télévision, dans les années cinquante », *Réseaux*, n° 39, CNET, Paris, 1990, p. 53.

[14] ↑ Voir notamment Christophe MIDLER, *L'auto qui n'existe pas. Management des projets et transformation de l'entreprise*, InterÉditions, Paris, 1993 ; Louis BUCCIARELLI, *Designing Engineers*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1994. Voir également Fred GUTERL, « Design case History : Apple's Macintosh », *IEE Spectrum*, décembre 1984.

[15] ↑ Voir notamment Claire ANCELIN et Marie MARCHAND, *Télématique : promenade dans les usages*, La Documentation française. Paris, 1984 ; et *Réseaux*, n° 37, *Dix ans de vidéotex*, CNET, Paris, 1989, et n° 38, *Les messageries*, 1990.

[16] ↑ Sur ce point, voir Alain GIRAUD, « L'Arlésienne du droit. Brève histoire du monopole de l'audiovisuel en France », *Réseaux*, n° 59, CNET, Paris, 1993, p. 53-64.

[17] ↑ Antoine HENNION, « L'industrie de l'art : leçons sur la médiations » ; et Jean-Paul SIMON, « Médiations et histoire sociale de l'art », *Réseaux*, n° 60, CNET, Paris, 1993.

[18] ↑ Michael BAXANDALL, *L'Œil du Quattrocento*, p. 88 (cité par Jean-Paul SIMON, *art. cité*, p. 49).

[19] ↑ *Ibid.*

[20] ↑ Michael BAXANDALL, *Formes de l'intention*, *op. cit.*, p. 132.

[21] ↑ Patrice FLICHY, *op. cit.*, p. 17-31.

[22] ↑ Konrad LORENZ, *L'Envers du miroir*, Flammarion, Paris, 1976, cité par Thierry GAUDIN, *op. cit.*, p 40.

[23] ↑ Eric VON HIPPEL, *The Sources of Innovation*, *op. cit.*

[24] ↑ Thomas HUGHES, « L'électrification de l'Amérique. Les bâtisseurs de système », *Culture technique*, CRCT, Neuilly, juin 1983, p. 21-41 ; et ID., *Networks of Power : Electrification in Western Society (1880-1930)*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1983.

[25] ↑ Cornelius CASTORIADIS, article « Technique », *Encyclopaedia Universalis*, *op. cit.*, p. 123.

[26] ↑ Simon NORA et Alain MINC, *L'Informatisation de la société*, La Documentation française, Paris, 1978.

[27] ↑ Voir *Réseaux*, numéro spécial, *Dix ans de vidéotex*, *op. cit.*

[28] ↑ Pierre DOCKÈS et Bernard ROSIER, « Histoire “raisonnée” et économie historique », *Revue économique*, vol. 42, n° 2, mars 1991, p. 201.

[29] ↑ Christophe Midler, qui a étudié le projet d'une nouvelle voiture chez Renault, note cette déclaration du directeur de projet : « La question de base est : que pouvons-nous faire pour ce budget ? » (*op. cit.*).

Conclusion

La difficulté de l'étude de l'innovation vient du fait que cette dernière repose toujours sur une tension entre continuité et discontinuité. Pour en rendre compte, j'ai utilisé les concepts de cadre de référence et d'objet frontière. Cependant, et je pense l'avoir montré tout au long de cet ouvrage, l'analyse de l'innovation est elle-même un objet frontière. La démarche que je propose se situe donc à l'articulation d'une sociologie interactionniste de la technique, d'une histoire socio-technique et d'une économie du changement technologique. Si, comme l'écrivait Marcel Mauss, « l'inconnu se trouve à la frontière des disciplines », il convient à mon sens d'élaborer une science sociale frontière pour rendre compte d'un phénomène aussi complexe qui met en cause les acteurs les plus divers.

Néanmoins, cette science existerait-elle qu'il resterait toujours difficile de présenter l'ensemble des dimensions des dispositifs innovatifs. L'approche qui a été proposée dans ce livre est construite autour du rapport entre la technique et ses usages, et de l'étude de l'action socio-technique des individus. Elle fait beaucoup moins intervenir la question de la coopération technique dans le cadre de grandes organisations, que cela soit les laboratoires de recherche-développement ou les sites de production industrielle. Cela tient à ce que ce livre ne prétend pas proposer une approche universelle de l'innovation, c'est un

objet frontière parmi d'autres qui a tenté de confronter et d'articuler quelques disciplines des sciences sociales sur la question de la technique et de l'innovation.

Ces éléments d'une théorie de l'innovation peuvent-ils servir à l'ingénieur, au concepteur, pour développer des nouvelles techniques ? Plus largement, ces réflexions peuvent-elles aider notre société à maîtriser sa technologie ? A ces questions, souvent posées au sociologue, il n'y a pas de réponse simple. Dans la mesure où ce sont les acteurs qui interagissent pour construire une nouvel artefact, dans un ensemble de contraintes données, il est bien clair que le sociologue, pas plus que quiconque, ne peut avoir la solution à la réussite de l'innovation. Celle-ci n'existe pas à l'avance, elle est bâtie dans le déroulement de l'action technique.

Si l'on accepte de considérer que les objets techniques sont le résultat de trois éléments – l'activité des acteurs, le hasard, et les contraintes socio-techniques –, la recherche en sciences sociales peut alors avoir une double fonction. D'une part, elle peut aider à repérer les cadres socio-techniques dans lesquels se situe l'action, d'autre part, les différents cas passés d'innovation constituent autant d'entraînements à l'action pour les futurs innovateurs.

Les mondes sociaux qui sont concernés par l'innovation sont multiples. Il arrive très souvent que les concepteurs soient peu ou mal informés de leurs caractéristiques, quand ils n'ignorent pas purement et simplement l'existence de tel monde social que

l'objet technique rencontrera inévitablement. J'ai montré précédemment, à titre d'exemple, que le vidéotex, il y a dix ans, comme le multimédia aujourd'hui, a été le fruit d'une confrontation-négociation entre les opérateurs de télécommunications et différents médias écrits ou audiovisuels. Il est clair que ces différents mondes sociaux s'ignorent assez largement. Le sociologue de l'innovation peut donner les moyens de cette connaissance réciproque, faciliter la médiation. Le chercheur en sciences sociales ne peut offrir ni théorie, ni recettes pour qu'une innovation soit un succès, mais il peut fournir aux acteurs des ressources pour l'élaboration de l'objet frontière. De même que l'explorateur a pu trouver auprès du géographe des cartes qui comprenaient encore bien des zones vides, mais qui l'ont aidé dans sa progression vers l'inconnu, de même l'ingénieur peut trouver chez le sociologue des informations utiles pour effectuer le voyage de l'innovation.

L'historien dispose d'un avantage considérable par rapport aux acteurs. Il connaît l'issue de telle ou telle aventure socio-technique. Ce travail d'explication qu'il peut réaliser, et qui consiste à lier ensemble toute une série d'événements singuliers (en tenant compte des occurrences qui n'ont pas été retenues par la suite), ne peut être effectué pour l'avenir. Contrairement aux sciences de la nature où il y a symétrie entre explication et prédition, en histoire il y a une coupure entre ces deux catégories.

Des multiples cas d'innovation étudiés par l'historien on ne tirera donc pas une méthode prospective. On les utilisera

comme un entraînement à l'action innovatrice, sans considérer pour autant que ces différents cas puissent constituer une grammaire des situations d'innovation dans laquelle le concepteur n'aurait qu'à rechercher le modèle associé à la situation. De même que les généraux ne peuvent gagner des guerres en refaisant la bataille de d'Iéna ou celle d'Austerlitz, de même ce n'est pas en voulant reproduire la stratégie de l'ampoule électrique ou du Minitel que les innovateurs rencontreront le succès. En revanche, ils peuvent trouver dans des exemples passés une forme de pédagogie qui peut leur permettre d'apercevoir rapidement un monde social avec lequel la négociation est indispensable, de mieux saisir une opportunité inattendue.

La sociologie s'est toujours fixé comme objectif d'expliquer par quels mécanismes est assurée la stabilité des interactions entre les individus, et celle de leur rapport à leur monde. Comment réduire l'arbitraire des comportements pour qu'ils puissent s'articuler les uns aux autres ? La sociologie de la technique introduit dans cette réflexion l'objet technique. Nous avons vu les mécanismes complexes qui permettent à de nouveaux artefacts d'apparaître, puis nous avons examiné comment les actions deviennent prévisibles une fois le cadre de référence établi. On abandonne alors l'action stratégique pour se situer dans l'action tactique (notons d'ailleurs que dans de nombreux cas, une action socio-technique peut être, selon la façon dont on l'examine, stratégique ou tactique). Quand on se trouve dans l'univers de la tactique, la prévisibilité de l'action devient beaucoup plus grande, les contraintes qui s'imposent aux

acteurs sont plus fortes, elles sont, comme nous l'avons vu, liées au fonctionnement ou à l'usage. Du côté des concepteurs, on trouve enfin un troisième type de contraintes, liées à la coopération. Dans une société industrielle qui souhaite diversifier constamment l'offre, les concepteurs sont en effet amenés à décliner, au sein d'un même cadre socio-technique, toute une série de nouveaux produits et services. Des méthodes de coopération s'imposent donc qui permettent de rendre les comportements des autres coconcepteurs plus prévisibles.

En définitive, le processus innovatif consiste à stabiliser des relations entre les différents composantes d'un artefact d'une part, entre les différents acteurs de l'activité technique d'autre part. Le cadre socio-technique ordonne ces différentes relations, il permet d'ajuster les actions individuelles. Contrairement à ce que l'on a longtemps pensé, l'innovation n'est pas l'addition d'un génial Eurêka et d'un processus de diffusion. Elle est bien au contraire rapprochement d'histoires parallèles, ajustement successif, confrontation et négociation, réduction de l'incertitude. Ce processus de stabilisation concerne tout autant le fonctionnement opératoire de la machine que ses usages, les concepteurs que les utilisateurs, les fabricants que les vendeurs. L'enjeu d'une sociologie de la technique est de savoir comment se construit le lien social dans et par la machine.

Bibliographie

Sociologie

Sociologie de la diffusion

KATZ Elihu, « The Social Itinerary of Technical Change : two Studies of the Diffusion of Innovation », 1961, in Wilbur SCHRAMM, Donald ROBERTS, *The Process and Effects of Mass Communication*, University of Illinois Press, 1971.

ROGERS Everett, *Diffusion of innovations*, 3^e édition, The Free Press, New York, 1983.

RYAN Bryce, GROSS Neal, « The Diffusion of Hybrid Seed Corn in two Iowa Communities », *Rural Sociology*, vol. 8, 1943, p. 15-24.

Sociologie des médias

DEBRAY Régis, *Cours de médiologie générale*, Gallimard, Paris, 1991.

INNIS Harold, *The Bias of Communication*, University of Toronto Press, 1951.

LAZARSFELD Paul, BERELSON Bernard, GAUDET Hazel, *The People's Choice*, Columbia University Press, New York, 1944.

MC LUHAN Marshall, *Pour comprendre les médias*, Mame/Seuil, Paris, 1968.

MC LUHAN Marshall, *La Galaxie Gutenberg. Face à l'ère électronique, les civilisations de l'âge oral à l'imprimerie*, Mame/Seuil, Paris. 1972.

Sociologie du travail

CHANARON Jean-Jacques, PERRIN Jacques, « Science, technologie et modes d'organisation du travail », *Sociologie du travail*, n° 1, 1986, p. 23-40.

DURAND Claude, *Le Travail enchaîné. Organisation du travail et domination sociale*, Le Seuil, Paris, 1978.

FREYSSENET Michel, « Processus et formes sociales d'automatisation. Le paradigme sociologique », *Sociologie du travail*, n° 4, 1992, p. 469-496.

FRIEDMANN Georges, *Sept Études sur l'homme et la technique*, Denoël/Gonthier, Paris, 1966.

GALLIE D., *In Search of the New Working Class*, Cambridge University Press, 1978.

MAURICE Marc, « Le déterminisme technologique dans la sociologie du travail (1955-1980). Un changement de paradigme ? », *Sociologie du travail*, n° 1, 1980, p. 22-37.

Nouvelle sociologie des sciences et des techniques

BIJKER Wiebe, HUGHES Thomas, PINCH Trevor (eds.), *The Social Construction of Technological System*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1989.

BIJKER Wiebe, LAW John (eds.), *Shaping Technology/Building Society, Studies in Sociotechnical Change*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1992.

BLOOR David, *Knowledge and Social Imagery*, Routledge and Kegan Paul, Londres, 1976.

CALLON Michel, « Éléments pour une sociologie de la traduction », *L'Année sociologique*, PUF, Paris, 1986, p. 169-208.

CALLON Michel (éd.), *La Science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, La Découverte, Paris, 1989.

CALLON Michel, LATOUR Bruno (éds), *La science telle qu'elle se fait*, La Découverte, Paris, 1991.

COLLINS Harry, *Change in Order : Replication and Induction in Scientific Practice*, Sage, Londres, 1985.

LATOUR Bruno, WOOLGAR Steve, *La Vie de laboratoire, la production des faits scientifiques*, La Découverte, Paris, 1988 (première édition en anglais, 1979).

LATOUR Bruno, *La Science en action*, La Découverte, Paris, 1989 (première édition en anglais, 1987).

LATOUR Bruno, *Aramis ou l'amour des techniques*, La Découverte, Paris, 1992.

LATOUR Bruno, *La Clé de Berlin et autres leçons d'un amateur de sciences*, La Découverte, Paris, 1993.

SERRES Michel (éd.), *Éléments d'histoire des sciences*, Bordas, Paris, 1989.

SHAPIN Steve, SCHAFER Simon, *Léviathan et la Pompe à air. Hobbes et Boyle entre science et politique*, La Découverte, Paris, 1994 (édition originale, 1985).

Ethnométhodologie des sciences

GARFINKEL Harold, LYNCH Michael, LIVINGSTON Eric, « The Work of a Discovering Science Construed with Materials from the Optically Discovered Pulsar », *Philosophy of the Social Sciences*, n° 11, 1981, p. 131-158.

KNORR-CETINA Karin, MULKAY Michael (eds.), *Science Observed : Perspectives in the Social Study of Science*, Sage, Londres, 1983.

LYNCH Michael, *Scientific Practice and Ordinary Action. Ethnomethodology and Social Studies of Science*, New York, Cambridge University Press, 1993.

QUÉRÉ Louis, « Les boîtes noires de B. Latour ou le lien social dans la machine », *Réseaux*, n° 36, CNET, Paris, 1989, p. 95-117.

Sociologie interactionniste des sciences

COZZENS Susan, GIERYN Thomas (eds.), *Theories of Science in Society*, Indiana University Press, Bloomington, 1990.

MAINES David (ed.), *Social Organization and Social Process. Essays in Honor of Anselm Strauss*, Aldine de Gruyter, New York, 1991.

STAR Susan Leigh, GRIESEMER James, « Institutional Ecology, Translations and Boundary Objects : Amateurs and Professionnals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology (1907-1939) », *Social Studies of Science*, vol. 19, Sage, Londres, p. 387-420.

Sociologie des usages

FORNEL (DE) Michel, « Contraintes systémiques et contraintes rituelles dans l'interaction visiophonique », *Réseaux*, n° 29, CNET, Paris, 1988, p. 33-46.

GRAS Alain, *Grandeur et dépendance. Sociologie des macro-systèmes techniques*, PUF, Paris, 1993.

JOUËT Josiane, « Pratiques de communication et figures de la médiation », *Réseaux*, n° 60, CNET, Paris, 1993, p. 99-120.

PERRIAULT Jacques, *La Logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*, Flammarion, Paris, 1989.

Anthropologie

CRESSWELL Robert, « Transferts de techniques et chaîne opératoire », *Techniques et culture*, n° 2, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 1983, p. 143-163.

GOULETQUER Pierre, « A propos de l'article de Jouke S. Wigboldus, "Salt and Crop Production in the Precolonial Central Sudan" », *Techniques et culture*, n° 17-18, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 1991, p. 345-349.

LEROI-GOURHAN André, *Le Geste et la Parole*, I., *Technique et Langage*, Albin Michel, Paris, 1964.

LEROI-GOURHAN André, *Le Geste et la Parole*, II., *La Mémoire et les Rythmes*, Albin Michel, Paris, 1965.

REYNOLDS Barrie, « The Relevance of Material Culture to Anthropology », *Journal of the Anthropological Society of Oxford*, vol. XIV, n° 2, Oxford, 1983, p. 209-217.

Histoire des techniques

AITKEN Hugh, *Syntony and Spark. The Origins of Radio*, John Wiley and Sons, New York, 1976.

BLOCH Marc, « Les inventions médiévales », *Les Annales d'histoire économique et sociale*, n° 36, 1935. Repris in *Mélanges historiques*, t. II, Sevpen, Paris, 1963.

- BLOCH Marc, « Avènement et conquêtes du moulin à eau », *Les Annales d'histoire économique et sociale*, n° 36, 1935, p. 538-563.
- BRAUDEL Fernand, *Civilisation matérielle, économie et capitalisme*, I., *Les Structures du quotidien*, Armand Colin, Paris, 1979.
- CARON François, *Le Résistible Déclin des sociétés industrielles*, Librairie académique Perrin, Paris, 1985.
- DAUMAS Maurice, *Histoire générale des techniques*, PUF, Paris, 1962.
- EISENSTEIN Elizabeth, *La Révolution de l'imprimé à l'aube de l'Europe moderne*, La Découverte, Paris, 1991.
- FEBVRE Lucien, « Réflexions sur l'histoire des techniques », *Les Annales d'histoire économique et sociale*, n° 36, 1935, p. 531-535.
- GILFILLAN S. Colum, *Sociology of Invention*, Follett, Chicago, 1935.
- GILLE Bertrand, *Histoire des techniques*, Gallimard, « La Pléiade », Paris, 1978.
- HAUDRICOURT André-Georges, *La Technologie science humaine*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 1987.
- HUGHES Thomas, *Networks of Power : Electrification in Western Society (1880-1930)*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1983.
- LEFEBVRE DES NOËTTES Richard, *L'Attelage et le Cheval de selle à travers les âges*, Picard, Paris, 1931.
- MENSCH Gerhard, *Stalemate in Technology : Innovations Overcome the Depression*, Ballinger, New York, 1979.
- NOBLE David, *Forces of Production. A Social History of Industrial Automation*, Alfred Knopf, New York, 1989.

SMITH Merrit Roe, MARX Leo (eds.), *Does Technology Drive History ? The Dilemma of Technological Determinism*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1994.

USHER Abbott P., *A History of Mechanical Inventions*, Harvard University Press, 1954 (première édition, 1929).

WHITE Lynn, *Medieval Technology and Social Change*, Clarendon Press, Oxford, 1962 (traduction française, Mouton, Paris, 1969).

Histoire de l'imaginaire technique

BACZKO Bronislaw, *Lumières de l'utopie*, Payot, Paris, 1978.

BRETON Philippe, *L'Utopie de la communication*, La Découverte, Paris, 1992.

BUD-FRIERMAN Lisa (ed.), *Information Acumen. The Understanding and Use of Knowledge in Modern Business*, Routledge, Londres, 1994.

CORN Joseph (ed.), *Imagining Tomorrow, History Technology and the American Future*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1987.

DOUGLAS Susan, *Inventing American Broadcasting (1899-1922)*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1987.

GAUDIN Thierry, *Pouvoirs du rêve*, CRCT, Neuilly, 1984.

LEVY Steven, *Hackers, Heroes of the Computer Revolution*, Dell Book, New York, 1985.

MARVIN Carolyn, *When Old Technologies were New. Thinking about Electric Communication in the Late Nineteenth Century*, Oxford University Press, New York, 1988.

MARX Leo, *The Machine in the Garden Technology and the Pastoral Ideal in America*, Oxford University Press, New York, 1964.

MUMFORD Lewis, *Le Mythe de la machine*, Fayard, Paris, 1974.

SEGAL Howard, *Technological Utopianism in American Culture*, University of Chicago Press, Chicago, 1985.

WILLIAMS Rosalind, *Notes on the Underground. An Essay on Technology, Society and the Imagination*, MIT Press, Cambridge, 1990.

Économie

Approche néo-classique (présentation et critique)

LE BAS Christian, *Économie des innovations techniques*, Économica, Paris, 1982.

MAUNOURY Jean-Louis, *Économie du savoir*, Armand Colin, Paris, 1972.

MAUNOURY Jean-Louis, *La Genèse des innovations*, PUF, Paris, 1968.

RÉAL Bernard, *La Puce et le Chômage. Essai sur la relation entre le progrès technique, la croissance et l'emploi*, Le Seuil, Paris, 1990.

SOLOW Robert, « Technical Change and the Aggregate Production Function », *Review of Economics and Statistics*, août 1957, p. 313-320.

Économie de la diffusion (présentation et critique)

FORAY Dominique, LE BAS Christian, « Diffusion de l'innovation dans l'industrie et fonction de recherche technique : dichotomie ou intégration », *Économie appliquée*, n° 3, 1986, p. 615-650.

GRILICHES Zvi, « Hybrid Corn : an Exploration in the Economics of Technological Change », *Econometrica*, octobre 1957, p. 501-522.

MANSFIELD Edwin, « Technical Change and the Rate of Imitation », *Econometrica*, n° 29, octobre 1961, p. 741-766.

Pression de l'offre/induction par la demande

BARRAS Richard, « Towards a Theory of Innovation in Services », *Research Policy*, n° 15, 1986, North Holland, Amsterdam, p. 161-173.

MOWERY David, ROSENBERG Nathan, « The Influence of Market Demand upon Innovation : a Critical Review of some Recent Empirical Studies », *Research Policy*, n° 8, 1979, North Holland, Amsterdam, p. 102-153.

SCHMOOKLER Jacob, *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge, 1966.

UTTERBACK J. M., « Innovation in Industry and the Diffusion of Technology », *Science*, n° 15, february 1974.

École évolutionniste

NELSON Richard, WINTER Sidney, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press, Cambridge (Mass.), 1982.

ROSENBERG Nathan, *Inside the Black Box. Technology and Economics*, Cambridge University Press, 1982.

École du choix technologique

DAVID Paul, « Clio and the economics of QWERTY », *American Economic Review*, vol. 75, n° 2, mai 1985.

FORAY Dominique et FREEMAN Christopher (éds), *Technologie et richesse des nations*, Économica, Paris, 1992.

École schumpétérienne

DOSI Giovanni, « Technological Paradigms and Technological Trajectories », *Research Policy*, n° 11, 1982, p. 147-162.

FREEMAN Christopher, *The Economics of Industrial Innovation*, Frances Pinter, Londres, 1982.

FREEMAN Christopher, CLARK John, SOETE Luc, *Unemployment and Technical Innovation. A Study of Long Waves and Economic Development*, Frances Pinter, Londres, 1982.

SCHUMPETER Joseph, *Business Cycles*, MacGraw Hill, 1939.

Autres textes économiques

BOYER Robert, *Les Figures de l'irréversibilité*, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, Paris, 1991.

DOCKÈS Pierre, ROSIER Bernard (éds). « Économie et histoire, nouvelles approches », *Revue économique*, vol. 42, n° 2, mars 1991.

DOSI Giovanni et al. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, Londres, 1988.

DUPUY Jean-Pierre, EYMARD-DUVERNAY François, FAVEREAU Olivier, ORLÉAN André, SALAIS Robert, THÉVENOT Laurent (éds), « L'économie des conventions », *Revue économique*, vol. 40, n° 2, mars 1989.

HIGONNET Patrice, LANDES David, ROsovsky Henry, *Favorites of Fortune. Technology Growth and Economic Development since the Industrial Revolution*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1991.

HIPPEL (VON) Eric, *The Sources of Innovation*, Oxford University Press, New York, 1988.

PARKER W. N. (ed.), *Economic History and the Modern Economist*, Oxford Basic Blackwell, 1986.

SALOMON Jean-Jacques, SCHMEDER Geneviève (éds), *Les Enjeux du changement technologique*, Économica, Paris, 1986.

Ouvrages généraux

BAXANDALL Michael, *Formes de l'intention*, Jacqueline Chambon, Nîmes, 1991.

CASTORIADIS Cornelius, article « Technique », *Encyclopaedia Universalis*, t. 22, 1992.

CERTEAU (DE) Michel, *L'Invention du quotidien*, I., *Arts de faire*, UGE-10/18, Paris, 1980.

ELLUL Jacques, *La Technique ou l'enjeu du siècle*, Économica, Paris, 1990 (première édition, 1954).

ELLUL Jacques, *Le Système technicien*, Calmann-Lévy, Paris, 1977.

GOFFMAN Erving, *Les Cadres de l'expérience*, Éditions de Minuit, Paris, 1991.

HERITAGE John C., « L'ethnométhodologie : une approche procédurale de l'action et de la communication », *Réseaux*, n° 50, CNET, Paris, 1991, p. 89-130.

KUHN Thomas, *La Structure des révolutions scientifiques*, Flammarion, Paris, 1983 (édition originale, 1962).

MACKENZIE Donald, WAJCMAN (eds.), *The Social Shaping of Technology*, Milton Keynes, Open University Press, 1985.

MARX Karl, *Misère de la philosophie*, Œuvres, t. I, Gallimard, « La Pléiade », Paris, 1965.

PHARO Patrick, QUÉRÉ Louis (éds), « Les formes de l'action », *Raisons pratiques*, n° 1, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, Paris, 1990.

PRADES Jacques (éd.), *La Technoscience. Les fractures du discours*, L'Harmattan, Paris, 1992.

RICŒUR Paul, *Temps et récit*, I., *L'Intrigue et le Récit historique*, Le Seuil, coll. « Points », Paris, 1991.

SIMONDON Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier, Paris, 1989 (première édition, 1958)

Index

- ABRAMSON Albert 195n
- AÏKEN Howard 184
- AITKEN Hugh 108n, 210, 240
- AKRICH Madeleine 82n, 95n, 100n, 103
- ALSENE Eric 67, 70
- ALTER Norbert 58, 62
- ANCELIN Claire 218n
- ARNAL Nicole 139n
- ARON Raymond 148, 163
- ARROW Kenneth 23, 155n
- ARTHUR Brian 153, 156, 158
- BACHELARD Gaston 87
- BACZKO Bronislaw 187, 188, 241
- BAIRD John 184, 185
- BALLE Catherine 61
- BARBICHON Georges 58, 60
- BARRAS Richard 43, 44, 177, 243

- BASZANGER Isabelle 117n, 118n
- BAUDELAIRE Charles 182n, 199
- BAXANDALL Michael 136, 137, 181, 182, 184, 206, 207, 220, 221, 244
- BEAUD Paul 51n
- BECKER Howard 118
- BELL Graham 126, 132, 133, 195, 209, 215, 217, 225
- BELLAMY Edward 189
- BELTRAN Alain 186n
- BENJAMIN Walter 199
- BERELSON Bernard 51n, 237
- BERLINER Émile 216, 225, 229
- BERTRAND Gisèle 140n
- BIJKER Wiebe 85 à 90, 95n, 102n, 121, 238
- BLAUG Mark 19, 22n
- BLOCH Marc 46, 47, 48, 70, 71, 163n, 240
- BLOOR David 83, 84, 238
- BOUDON Raymond 105n
- BOULLIER Dominique 31n
- BOURDIEU Pierre 96

- BOYER Robert 165n, 179n, 243
- BRAUDEL Fernand 10, 11, 48, 150, 240
- BRETON Philippe 180, 183, 241
- BRUTON H 21, 22n
- BUCCIARELLI Louis 217n
- BUD-FRIERMAN Lisa 201n, 241
- BUSSON Alain 139n
- CALLON Michel 31n, 84n, 92 à 107, 117n 238
- CAREY James 197n, 198n
- CARON François 40n, 215, 241
- CARRE Patrice 186n
- CASTORIADIS Cornélius 37, 70, 71n, 227, 244
- CERTEAU de Michel 131, 132, 138, 244
- CERUZZI Paul 183, 184n
- CHAMBAT Pierre 129n
- CHANARON Jean-Jacques 67, 68n, 238
- CHANDLER Alfred 49
- CHAPPE Claude 200, 216, 217, 221
- CHARON Jean-Marie 141n
- CHEVALIER Michel 196n

- CICOUREL Aaron 92n, 94n, 100n, 102n
- CLARK Adèle 119n
- CLARK John 176n, 243
- COLEMAN James 27
- COLLINS Harry 84, 99n, 238
- CONSTANT Edward 43, 169, 170, 171, 211
- CORN Joseph 184n, 186n, 193n, 195n, 196n, 241
- COULON Alain 112n
- COZZENS Susan 119n, 239
- COWAN Robin 155n, 159, 164
- CRESSWELL Robert 80, 240
- CROS Charles 192, 193, 194
- DANTO Arthur 148
- DAUMAS Maurice 32, 33, 34, 241
- DAVID Paul 157 à 164, 205, 207, 212, 243
- DEBRAY Régis 53, 54, 237
- DIXON Robert 22n
- DOCKES Pierre 150n, 161, 177, 230, 244
- DOSI Giovanni 40n, 166, 169, 170, 171, 211, 243, 244

DOLBEAR Amos	<u>194</u>
DOUGLAS Susan	<u>193</u> , <u>195</u> , <u>241</u>
DURAND Claude	<u>61</u> , <u>238</u>
EISENSTEIN Elizabeth	<u>54 à 57</u> , <u>71</u> , <u>241</u>
EDISON Thomas	<u>20</u> , <u>134</u> , <u>156</u> , <u>161</u> , <u>162</u> , <u>168</u> , <u>176</u> , <u>182</u> , <u>191</u> , <u>192</u> , <u>194</u> , <u>195</u> , <u>216</u> , <u>217</u> , <u>225</u> , <u>229</u>
ELLUL Jacques	<u>34 à 37</u> , <u>244</u>
FEBVRE Lucien	<u>31</u> , <u>33</u> , <u>178</u> , <u>241</u>
FELSENSTEIN Lee	<u>203</u> , <u>204</u>
FENEYROL Michel	<u>104n</u> , <u>212n</u>
FIGUIER Louis	<u>194</u>
FISCHER Claude	<u>153n</u> , <u>216n</u>
FLAMMARION Camille	<u>193</u>
FLEUR de Melvin	<u>28</u> , <u>51</u>
FLICHY Patrice	<u>10n</u> , <u>29n</u> , <u>104n</u> , <u>185n</u> , <u>200n</u> , <u>214n</u> , <u>221n</u>
FORAY Dominique	<u>24n</u> , <u>25</u> , <u>153</u> , <u>154</u> , <u>157</u> , <u>159</u> , <u>160n</u> , <u>163</u> , <u>212n</u> , <u>242</u> , <u>243</u>
FORD Henry	<u>133</u> , <u>134</u>
FOREST de Lee	<u>108</u> , <u>219</u>

- FORNEL de Michel 128, 129, 142, 143n, 240
- FRANCE Anatole 191, 192, 193
- FREEMAN Christopher 42n, 45, 135, 160n, 172, 173, 175, 176, 177, 243
- FREYSSENET Michel 65, 66, 67, 70, 238
- FRIDENSON Patrick 209, 210n
- FRIEDMANN Georges 59, 238
- FUJIMURA Joan 117
- FURET François 54
- GALLIE D 60, 238
- GARFINKEL Harold 112, 113, 114, 238
- GATES Bill 204
- GAUDET Hazel 51n, 237
- GAUDIN Thierry 180, 188, 209n, 222n, 242
- GAULLE de Charles 106
- GEDDES Patrick 197
- GERNSBACK Hugo 193, 194
- GERSON Elihu 116
- GIARD Luce 138
- GIEDION Siegfried 68

- GIERYN Thomas [119n](#), [239](#)
- GILFILLAN S, Colum [49](#), [241](#)
- GILLE Bertrand [31](#), [32n](#), [33](#), [34](#), [156](#), [161](#), [176](#),
[241](#)
- GIRAUD Alain [218n](#)
- GOFFMAN Erving [122](#), [128](#), [244](#)
- GOULETQUER Pierre [81](#), [82n](#), [240](#)
- GOURNAY de Chantal [140n](#)
- GRAS Alain [213](#), [240](#)
- GRAY Elisha [132](#), [133](#)
- GRIESEMER James [119](#), [120](#), [239](#)
- GRILICHES Zvi [22](#), [25](#), [26](#), [242](#)
- GROSS Neal [24](#), [26](#), [27](#), [237](#)
- GUERARD Agnès [104n](#), [212n](#)
- GUILLEMIN Roger [101](#), [105n](#), [106](#)
- GUTENBERG [54](#)
- GUTERL Fred [217n](#)
- HALL A, R [32n](#)
- HAUDRICOURT André-Georges [33](#), [34](#), [241](#)
- HAWKINS Richard [212n](#)

HAYEK von Friedrich	<u>16, 17, 34</u>
HEILBRONER Robert	<u>48</u>
HENNION Antoine	<u>220</u>
HERITAGE John	<u>112, 244</u>
HERSKOVITS Melville	<u>79</u>
HIGONNET Patrice	<u>19n, 160n, 162n, 244</u>
HIPPEL von Eric	<u>135, 223, 244</u>
HOBBES Thomas	<u>92</u>
HODDESON Lilian	<u>108n</u>
HOFFSAES Colette	<u>61</u>
HOLMGARD E, J	<u>32n</u>
HOUNSHELL David	<u>133n</u>
HUGHES Everett	<u>117</u>
HUGHES Thomas	<u>50, 85n, 95n, 102n, 156n, 168n, 198, 224, 238, 241</u>
HUGO Victor	<u>190</u>
INNIS Harold	<u>52, 53, 57, 237</u>
ISAMBERT François-André	<u>105n</u>
JOBS Steve	<u>204, 206</u>
JOUET Josiane	<u>82n, 125, 139, 140, 240</u>

- KATZ Elihu 27, 28, 30, 31n, 51, 237
- KNIGHT Kenneth 165
- KNORR-CETINA Karin 92n, 94n, 100n, 102n, 114n, 238
- KONDRAEFF N, D 175, 176, 177
- KROEBER Alfred 49
- KUHN Thomas 83, 169, 170, 211, 244
- LACAZE Dominique 190n
- LAMARTINE de Alphonse 187
- LANDES David 19, 160, 162, 244
- LATOÛR Bruno 15, 31n, 84, 90 à 108, 113n, 117n, 132, 210n, 238, 239
- LAUGHLIN C, D 81n
- LAW John 89n, 238
- LAZARSFELD Paul 51, 237
- LE BAS Christian 20n, 24n, 25, 242
- LEFEBVRE DES NOËTTES Richard 46, 54, 70, 241
- LEROI-GOURHAN André 76 à 80, 126, 240
- LEVY Steven 201, 202, 206, 242
- LINHART Danièle 59

- LIVET Pierre 141, 142n
- LIVINGSTON Eric 113, 114n, 238
- LORENZ Konrad 222
- LUMIÈRE Louis 134, 182, 217
- LUTHER 54, 55
- LYNCH Michael 108n, 113, 114n, 238
- MACHIAVEL 100
- Mc CLOSKEY D 160n, 164
- McLUHAN Marshall 52, 53, 54, 57, 238
- Mc GUIRE J, E 105n
- McKENZIE Donald 63n, 244
- MAINES David 117n, 119n, 239
- MALERBA Franco 44n
- MALLET Serge 59, 60n
- MANGEMATIN Vincent 101
- MANSFIELD Edwin 22, 242
- MARCHAND Marie 218n
- MARCONI Guglielmo 176, 193, 209, 217, 219, 229
- MARSHALL Alfred 151
- MARTI Bernard 212n

- MARTIN Michèle 153n, 154n
- MARVIN Carolyn 185, 186n, 194n, 195, 197, 242
- MARX Karl 16, 36, 57, 58, 151, 244
- MARX Leo 48n, 49n, 50n, 195, 196, 241, 242
- MAUGUIN Philippe 107n
- MAUNOURY Jean-Louis 19n, 21n, 242
- MAURICE Marc 59n, 238
- MAUSS Marcel 75, 76, 233
- MEAD Georges 130
- MEADEL Cécile 217
- MELIA T 105n
- MENDELBAUM Maurice 109
- MENSCH Gerhard 44, 174, 175, 176, 241
- MENZEL Herbert 27
- MERCIER Louis-Sébastien 188n
- MERCIER Pierre-Alain 140n
- MIDLER Christophe 217, 231n
- MINC Alain 228
- MISA Thomas 49, 50

MONJARDET Dominique	<u>69</u>
MOSCOVICI Serge	<u>58</u> , <u>60</u>
MOWERY David	<u>40</u> , <u>243</u>
MUELLER Milton	<u>154n</u>
MULKAY Michael	<u>114n</u> , <u>238</u>
MUMFORD Lewis	<u>188n</u> , <u>197n</u> , <u>242</u>
NADAR Félix	<u>189</u>
NAVILLE Pierre	<u>60n</u>
NELSON Richard	<u>19n</u> , <u>30</u> , <u>166</u> , <u>171</u> , <u>243</u>
NOBLE David	<u>63</u> , <u>64</u> , <u>65</u> , <u>70</u> , <u>71</u> , <u>241</u>
NORA Simon	<u>228</u>
OGBURN William	<u>48</u> , <u>49</u>
ORSENIGO Luigi	<u>166</u>
ORTSMANN Olivier	<u>60n</u>
OZOUF Jacques	<u>54n</u>
PARKER W, N	<u>157n</u> , <u>244</u>
PASTEUR Louis	<u>93</u> , <u>107</u>
PEAUCELLE Jean-Louis	<u>61</u>
PEREZ Carlota	<u>172</u> , <u>173</u> , <u>177</u>
PERRIAULT Jacques	<u>180</u> , <u>240</u>

- PERRIN Jacques 67, 68n, 178, 238
- PERROT Michèle 68
- PESTRE Dominique 83n, 117n
- PHARO Patrick 112n, 115n, 244
- PICKERING Andrew 99n
- PINCH Trevor 85 à 90, 95n, 102n, 121, 238
- PRADES Jacques 107n, 154n, 157n, 159n, 245
- PREECE William 186, 193
- QUERE Louis 87, 88n, 107, 112n, 115n, 129, 130, 238, 244
- QUIRK John 197n, 198n
- RALLET Alain 141n
- REAL Bernard 21, 242
- REYNOLDS Barrie 80, 81, 240
- RICARDO David 16
- RICŒUR Paul 114, 115n, 148, 149, 150n, 245
- ROBBINS Lionel 16, 17
- ROBERTS Donald 28n, 237
- ROBIDA Albert 190
- ROBINSON Mike 116, 128, 129n

- ROGERS Everett 26, 27, 28, 31, 159n, 204n, 237
- ROSENBERG Nathan 24, 32, 40, 42, 43n, 58, 153, 156, 165, 243
- ROSIER Bernard 150n, 161, 230, 244
- ROSOVSKY Henry 19n, 160n, 162, 244
- ROSZACK Theodore 205n
- RYAN Bryce 24, 26, 27, 237
- SADOUL Jacques 194n
- SAHAL Devendra 171
- SALOMON Jean-Jacques 58n, 173n, 244
- SCHAFFER Simon 84n, 238
- SCHMEDER Geneviève 173n, 244
- SCHMOOKLER Jacob 41, 243
- SCHRAMM Wilbur 28n, 237
- SCHUMPETER Joseph 19, 20, 21, 152, 175, 176, 222, 243
- SCHUTZ Alfred 112
- SEGAL Howard 189, 242
- SERRES Michel 91n, 93, 98n, 107n, 238
- SHAPIN Steve 84n, 238
- SHELLEY Mary 191

- SHIBUTANI Tamotsu 118
- SIEMENS von Werner 176, 197
- SIMON Jean-Paul 55n, 220
- SIMONDON Gilbert 138, 139, 140, 167, 168, 169, 210, 211, 216, 245
- SINGER C 32n
- SMITH Adam 16, 166
- SMITH Merritt Roe 48n, 49n, 50n, 241
- SOETE Luc 176n, 243
- SOLOW Robert 18, 20, 242
- STAR Susan 116, 119, 120, 239
- STRAUSS Anselm 117, 118
- SUCHMAN Lucy 115, 131n
- TARDE de Gabriel 192, 199
- TAYLOR Frederick 59, 67, 68
- TEIL Geneviève 107n
- TESLA Nicolas 193
- THEVENOT Laurent 141, 142n, 147, 244
- THUILLIER Pierre 105n
- TOURAINÉ Alain 96

TUNSTALL Jeremy	<u>28n</u>
USHER Abbott	<u>49, 70, 241</u>
UTTERBACK J, M	<u>39, 40n, 243</u>
VALERY Paul	<u>182n</u>
VERCRUYSS JEAN-PIERRE	<u>214n</u>
VERHOEST Pascal	<u>214n</u>
VERNE Jules	<u>189, 190, 199</u>
VEYNE Paul	<u>148</u>
VILLIERS DE L'ISLE-ADAM de Jean-Marie	<u>191</u>
WAJCMAN Judy	<u>63n, 244</u>
WALRAS Leon	<u>20</u>
WEBER Max	<u>149</u>
WESTINGHOUSE George	<u>161, 168</u>
WHITE Lynn	<u>46, 54, 57, 241</u>
WIENER Norbert	<u>181, 183, 184</u>
WILLIAMS Raymond	<u>184, 242</u>
WILLIAMS Rosalind	<u>195, 198, 199</u>
WINTER Sidney	<u>30, 166, 171, 243</u>
WOOLGAR Steve	<u>91, 101n, 105n, 108n, 113n, 239</u>

WOZNIAK Stephen [204](#), [206](#)

YATES Joanne [201](#)

YEARLEY Steven [99n](#)

ZITT Michel [41](#), [171](#)

ZOLA Émile [191](#)