

PRÉ-MODÉLISATIONS ET REPRÉSENTATIONS DU SYSTÈME TECHNIQUE

L'heuristique de la technologie, comme science de la technique, reste très largement à inventer. C'est pourquoi il y a des problématiques de recherches d'un langage pertinent de description et l'analyse de la technologie

Pour élaborer, à l'instar des grandes disciplines, le ou les langages pertinents spécifiques de la technologie, à titre exploratoire, *un inventaire des méthodes et instruments* envisageables a été dressé, qui se rattachent à divers référentiels et disciplines. Question qui est au cœur de la taxinomie de la technologie, et dont la réponse implique la compréhension du système lui même. Question particulièrement difficile en raison du caractère transversal et l'essence interdisciplinaire de la technologie. Les instruments conceptuels et méthodes envisageables ont été analysés selon leur degré de disponibilité, et ont été identifiés les nouveaux instruments qui devraient être forgés. (voir II° PARTIE)

Bien que différentes directions de recherches et des transpositions analogiques doivent être explorées, une recherche tous azimuts conduirait à des ambiguïtés d'interprétation inextricables résultant du mélange des appareils conceptuels de plusieurs disciplines. Sans doute les mathématiques pourraient fournir un outil universel, mais la formalisation mathématique présuppose une modélisation générale préalable. On en est pas là. C'est probablement dans cette direction qu'il faudrait aller.

La démarche est difficile. D'une part, l'analyse des systèmes -la systémographie selon l'expression de J .L. LE MOIGNE- (1) apparait l'outil le plus approprié de cette modélisation, mais, d'autre part, comme le note J. LESOURNE "pour être fructueuse, cette approche suppose que la nouvelle représentation théorique s'enracine dans l'humus de la discipline scientifique considérée et ne soit pas arbitrairement plaquée sur l'existant au nom d'une quelconque théorie générale des systèmes" (2).

Il est donc incontournable de s'attaquer aux problèmes de la compréhension de l'organisation du système technique, de la structure de ses relations intrinsèques et extrinsèques. Mais cet humus est un complexe d'éléments en interactions qui ne sont pas identifiés systématiquement, de couches dont il faut découvrir les articulations, où s'entremêlent diverses logiques, de construction, de fonctionnement, d'utilisation et d'évolution.

Pour sortir de ce brouillamini il est nécessaire d'avoir recours à des pré-modélisations apportant des éclairages successifs et ouvrant la voie à la formulation d'une ou d'hypothèses générales.

Le point de départ est le réel perçu. Comme l'écrit E. MORIN : "le but même de l'activité cognitive est de "stimuler" le réel perçu en

construisant un analogon mental (la représentation), et de stimuler le réel conçu en élaborant un analogon idéal (théorie)" (3).

En suivant la ligne de l'analyse systémique, *différents types de représentations* sont utilisables pour saisir globalement le système technologique. L'outil systématographique forgé par J.L. LE MOIGNE, "sésame de la représentation, sinon de la connaissance de l'objet" (1) est constitué par la trialectique de l'Etre, du Faire, du Devenir. La définition d'un objet se fait donc par triangulation: elle pondère une définition fonctionnelle (ce que l'objet fait), une définition ontologique (ce que l'objet est) et une définition génétique (ce que l'objet devient).

(1) J.L. LE MOIGNE : "La théorie du Système Général" - PUF, 2ème Ed., 1984.

(2) Jacques LESOURNE : "Un système autopoïétique : le Marché", dans la Revue Internationale de Systémique, N° 2, 1987.

Le triangle technologique est bien une trialectique d'activités, de constitution, d'évolution et de changement. Et c'est cette trialectique qu'il faudra ultérieurement appréhender ensemble en articulant des logiques de niveaux différents. En d'autres termes, selon l'expression de J. SAINT-GEOURS, créer des *outils complexes* (4), qui, seuls sont susceptibles d'opérer la complexité de la réalité. A ce stade deux observations peuvent être faites.

La première est que les pôles du triangle ont été très inégalement traités. Le *pôle fonctionnel* a donné lieu aux travaux des ethnologues des techniques, aux classifications des objets. Le *pôle génétique* a concerné les travaux des historiens des techniques, à cette différence que ce n'est pas le devenir mais le passé qui a été considéré. Récemment des méthodologies de la prévision technologique ont été appliquées. Le *pôle ontologique* a été le moins exploré. La grande Encyclopédie de Diderot bien que monumentale était seulement une oeuvre descriptive, même si elle permettait, par ailleurs, d'entrevoir la filiation des objets. Comme il a été expliqué les grands projets de compréhension de la structure et de l'organisation de la technologie du XIXème siècle n'ont pas eu de suite (5). Les plus pénétrants des ethnologues ont bien compris les étroites limites des classifications techniques réduites aux fonctions des objets. C'est pourquoi ils ont essayé de décrire leurs modes d'emploi et leurs processus de production (6) (7) Dans le fond, ils rejoignaient la position - que vraisemblablement ils ignoraient- de H. A. SIMON de compléter les descriptions des états par celles des processus, et qui précisait que "la résolution des problèmes demande un transfert permanent des descriptions d'état aux descriptions de processus au sein d'une même réalité complexe" (8). Mais les quelques ethnologues qui ont suivi cette orientation ont buté devant l'insuffisance de la connaissance du pôle ontologique. C'est peut-être aussi, entre autres raisons, une explication des médiocres résultats constatés de la prévision technologique.

Ainsi le centre de gravité de la modélisation dans le triangle de la technologie demande à être déplacé en direction du pôle ontologique. C'est la correction principale à laquelle vise le projet E.S.T.

La seconde observation concerne la *dialectique activités-structure*, entre les deux pôles fonctionnel et ontologique. Paraphrasant J.L. LE MOIGNE on peut dire trivialement que la technologie est "quelque chose" qui fait "quelque chose", et qui dotée d'une structure (constitution) évolue dans le temps, dans quelque chose (l'environnement) pour quelque chose (finalité). Mais on doit compléter que le "quelque chose" technologique est constitué pour des activités qui sont finalisées dans et pour la société (ce que les auteurs anglo-saxons appellent "technologie pull") et que réciproquement des technologies constituées induisent le développement de "quelque chose" ("technologie push") ou que les deux processus s'interpénètrent dans des relations plus complexes. Il s'ensuit que l'activation de la structure (l'organisation) (9) est le phénomène qui caractérise la dialectique fonction-constitution. C'est pourquoi la logique d'utilisation (fonctionnelle) de la technologie et la logique de constitution s'articulent par une logique de fonctionnement qui articule aussi ces dernières avec celle d'évolution. La paronymie des termes fonction et *fonctionnement* ne doit pas masquer le glissement de sens. En d'autres termes les fonctions sont la face extérieure de la technologie, la structure ontogénique sa face interne, le fonctionnement est l'ensemble des interrelations, articulations entre celles-ci. L'organisation englobe la structure et le fonctionnement.

(3) Edgar MORIN : "La méthode -3- La connaissance de la connaissance", Seuil, 1986.

(4) J. SAINT-GEOURS : "L'éloge de la complexité", Economica, 1987.

(5) Voir P.F. GONOD : Note * la Grande Encyclopédie du Siècle des Lumières à l'Encyclopédie Systémique de la Technologie - GRECO, Février 1988, les travaux de J. SEBESTIK de la technologie à la technonomie, Cahiers STS n°2 1964 et la préface de F.SIGAUT au livre de A.G.HAUDRICOURT la technologie science humaine .Ed.1988.

(6) A. LEROI-GOURHAN : "Le geste et la parole. La mémoire et les rythmes", Albin-Michel, 1965.

(7) A. D'HAUDRICOURT : "La technologie science humaine", La Pensée, N° 254, Nov-Déc. 1986.

(8) Herbert A. SIMON : "La science des systèmes", EPI, 1974.

(9) Organisation dans le sens défini par E. MORIN, ainsi que par H. MATURANA et F. VARELA

La dissociation des logiques de constitution, d'utilisation et de fonctionnement est une opération de la computation cérébrale, une *abstraction*. C'est à partir de celle-ci que s'élaborera la synthèse de la représentation de la technologie. Si la logique d'utilisation est relativement bien comprise, il n'en est pas de même pour les logiques de construction et de fonctionnement. *La compréhension des assises de l'édifice technologique n'est qu'ébauchée.*

Ce sont des philosophes qui ont énoncé des thèses sur la technologie. Ils ont essayé de comprendre l'ordre technologique et de répondre à des questions essentielles : qu'est-ce que la technique? quel est son champ de validité? quels sont les rapports de constitution et d'application avec la science et la culture, l'idéologie? quels sont ses effets sur la société? (10)

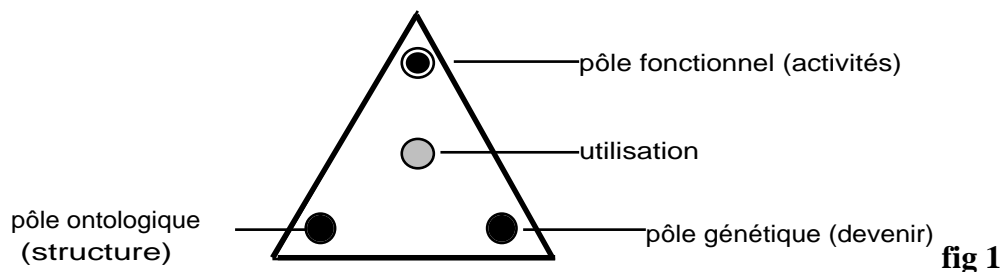
Les catégories philosophiques dégagées -c'est-à-dire des lignes de démarcation entre le scientifique et l'idéologique- (11) sont utiles, indispensables même. Cependant la limitation des aptitudes des philosophes à produire des connaissances technologiques est une butée au progrès de la compréhension. On en revient donc à la nécessité de décrypter l'organisation intrinsèque du système technologique, son ontologie, et de produire des connaissances nouvelles en mobilisant les compétences nécessaires.

Différents graphismes

Le réel peut être perçu à divers niveaux de représentations ("l'analogon mental") et être exprimé par divers graphismes.

Un premier niveau de représentation est le triangle technologique suivant:

LE TRIANGLE TECHNOLOGIQUE



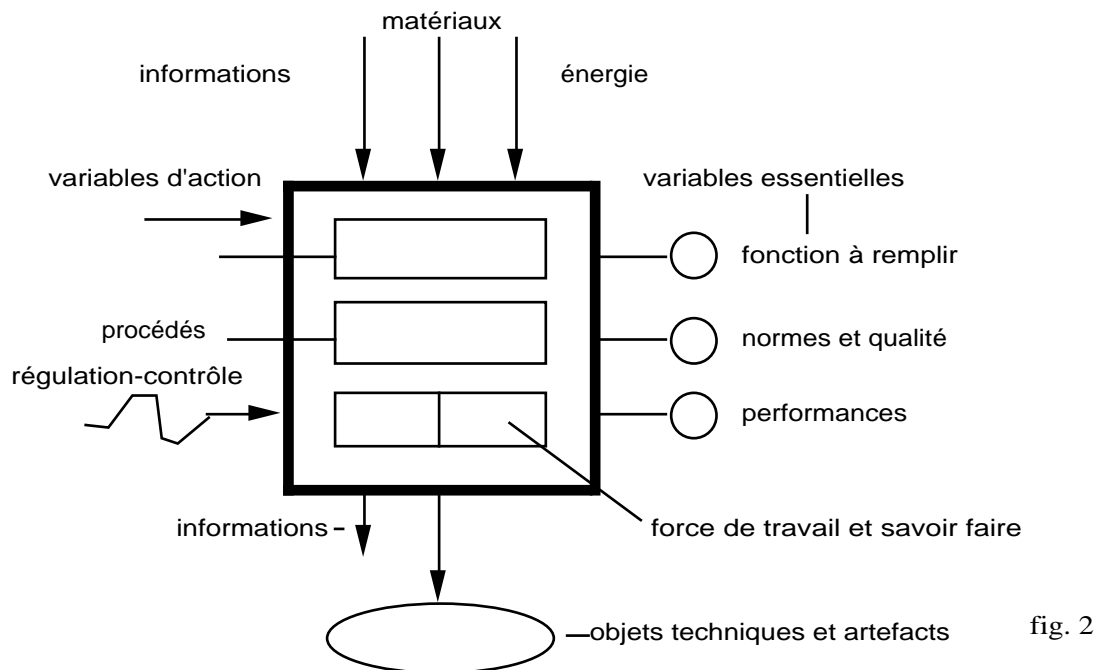
Un mécanisme entrées-sorties peut aussi symboliser un niveau simple de représentation de la technologie. Inspiré de J. MELESE (12) le système technique peut être représenté par une boîte noire où les entrées sont des matières premières, de l'énergie, de l'information et les sorties des objets techniques et artefacts, et de l'information. Les variables essentielles sont les fonctions à remplir, les normes, les qualités, les performances. La transformation entrée-sortie s'opère par la combinaison de biens d'équipements, de procédés, de force de travail et de savoir faire (fig. 2).

(10) Parmi les travaux des philosophes consacrés à la technologie on notera: J. ELLUL : "Le système technicien", Calmann-Levy, 1977 et récemment "Le Bluff technologique", Hachette, 1988; J. LADRIERE : "Les enjeux de la rationalité, le défi de la science et de la technologie aux cultures", Aubiès-Unesco, 1977; G. SIMONDON : "Du mode d'existence des objets techniques", Aubiès Montagne, 1969; J.J.SALOMON: What is technology? History and technologie, 1984, Vol.1; et à l'étranger de J. HABERMAS : "La technique et la science comme idéologie, la fin de la métaphysique, Gallimard, 1973, MITCHAM C. Types of technology in "Research in philosophie and technology" of the Society for philosophie and technologie, Jai Press Inc., Greenwich, Connecticut, USA.; Inclassable dans une discipline on soulignera l'importance des apports d'Yves BAREL, notamment dans son étude le rapport Humain à la matière, 2 tomes, 1976.

11) L. ALTHUSER : "Philosophie et philosophie spontanée des savants", (1967), Edit. Maspero, 1974.

12) J. MELESE : "L'analyse modulaire des systèmes", Hommes et techniques, 1972.

Intrants et extrants technologiques: la boîte noire



Un **second niveau de représentation** consiste à ouvrir la boîte noire et à décrire les inter-relations et interactions entre ses éléments.

On part d'une définition des éléments du procédé technique qui se compose : 1- d'un principe général déterminé par le résultat ou la fonction qu'il vise, 2- d'une constitution matérielle (matières premières naturelles, élaborées ou transformées), 3-d'une séquence ou une combinaison de séquences d'opérations, 4- des dispositifs nécessaires pour assurer ces opérations (outils, machines complexes), 5- d'un agent moteur de ces opérations (homme, chaleur), 6- d'un agent conducteur des opérations (marche, arrêt, coordination...) (13).

Cette définition analytique du procédé technique peut être reformulée ainsi : le fonction de production de l'objet technique est un processus qui combine principes techniques, procédés, matériaux, biens d'équipements, énergie, force de travail et savoir faire. Mais il ne suffit pas de lister les composants qu'on retrouvera dans tout processus industriel, il faut décrire la *configuration* de leurs inter-relations et interactions. Cette configuration varie selon les *sous-systèmes technologiques*. On pressent l'intérêt qu'il y aurait d'avoir des graphiques comparables pour visualiser différences et similitudes.

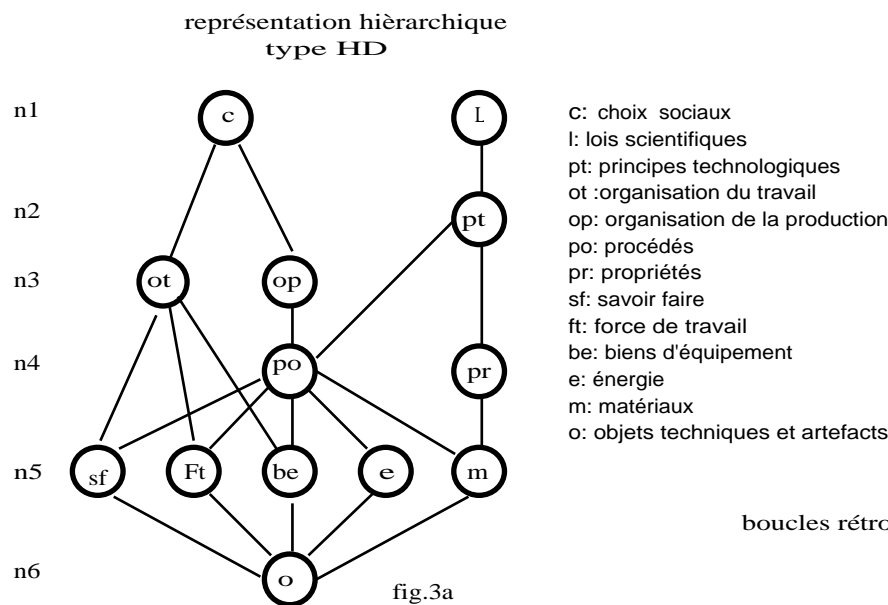
Les éléments transformateurs de la boîte noire sont reliés à leur environnement. Procédés, matériaux, énergie, biens d'équipements, objets s'intègrent dans une *organisation de la production*. La force de travail et les savoir faire dans une *organisation du travail*. Les choix sociaux opèrent l'organisation du travail, celle de la production et les

objets techniques. La demande aval dicte avec les nouvelles technologies le choix de matériaux faits "à la commande" (14) etc...

L'ordre technologique peut être représenté par un *diagramme hiérarchique* (fig. 3a). Au premier niveau se situent, d'une part, les choix sociaux, d'autre part, les lois scientifiques. Au dernier l'extrant du système: les objets techniques et artefacts.

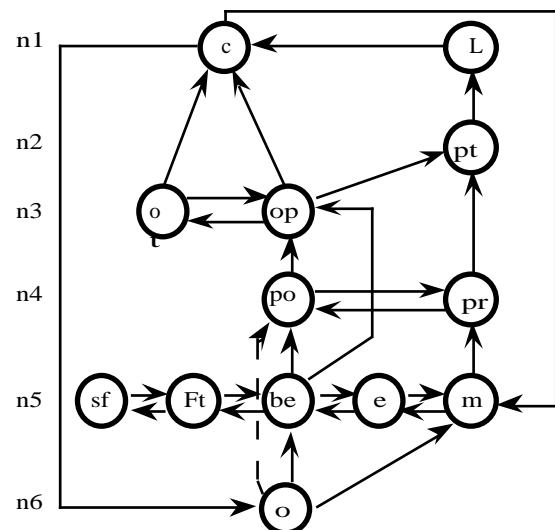
(13) F. RUSSO : "Introduction à l'histoire des techniques", Librairie Scientifique et Technique, 1986.

14) P. COHENDET : "Génie des matériaux et transformation des modes de production" in *Propectives 2005*, Economica,



Mais la réalité apparait plus complexe qu'une hiérarchie simple. Des relations apparaissent internes aux niveaux ainsi que des relations "remontantes" entre celles-ci (fig 3b). Non seulement il y a des boucles rétroactives mais aussi des boucles récursives. E. Morin définit ainsi le principe récursif: "c'est un processus où les effets ou produits sont en même temps causateurs et producteurs dans le processus lui-même, et où les états finaux sont nécessaires à la génération des états initiaux." Ici la logique de fonctionnement commence à s'articuler avec la logique de constitution.

boucles rétroactives et récursives



Ces représentations graphiques sont difficiles à interpréter, et deviennent indéchiffrables quand le nombre des éléments augmente. Ceci a conduit à rechercher d'autres formes de représentation, telle que les diagrammes hiérarchiques en anneau (ring diagram) où d'autres informations peuvent être incluses, par exemple l'intensité et l'ordre des

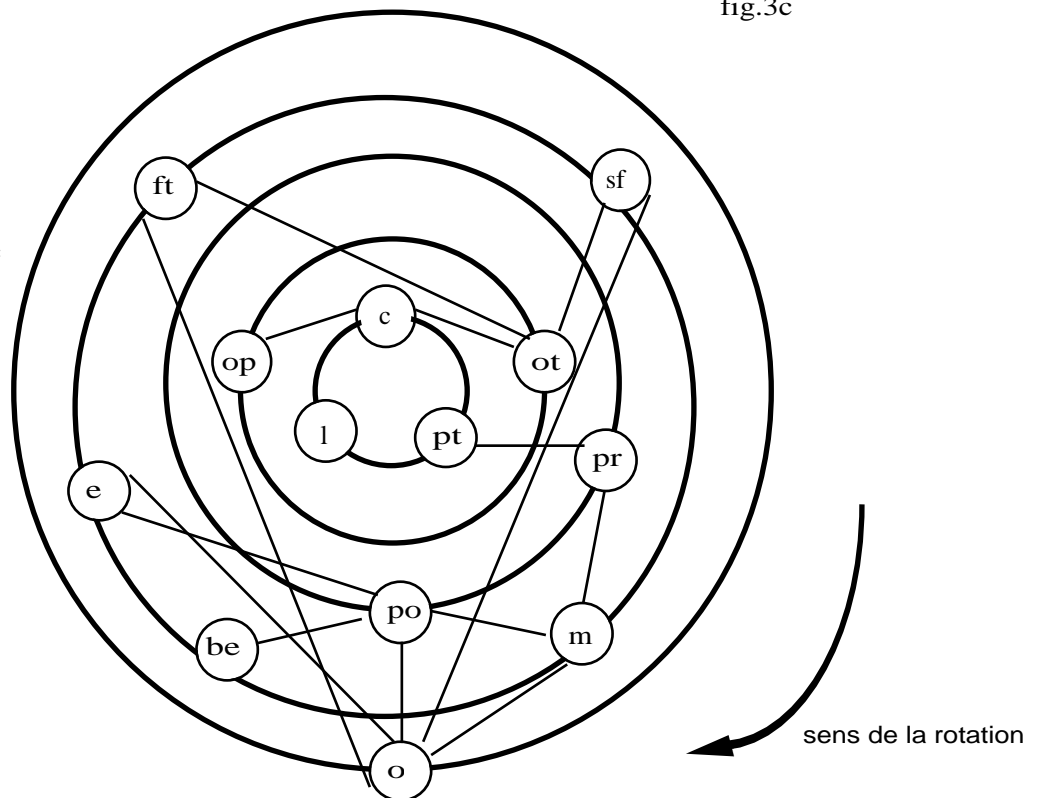
opérations (figure 3c qui exprime la hiérarchie de la figure 3a et certaines relations de la figure 3b) (15)

(15) adapté d'après Marcello G. REGGIANI and Franco E. MARCHETTI : "A proposed method for representing hierarchies" - I.E.E.E. Transactions on Systems, man and Cybernetics, Jan-Feb. 1988. Dans la figure 3a, HD signifie type diagramme de HASSE.

représentation hiérarchique en anneau
type RD

fig.3c

HD Hasse diagramme
RD Ring diagramme de
Reggiani et Marchetti
en correspondance avec
le diagramme de Chang



En fait, *il faudrait en utilisant un graphisme normalisé pouvoir décrire d'une façon homogène les divers sous-systèmes technologiques qui présentent des configurations différentes* par leurs éléments constitutifs, leur hiérarchie, la position, la distance, la durée de leurs interrelations et interactions.

Au même niveau de représentation on peut schématiser plus synthétiquement le système technologique, la *technosphère* dans son environnement (fig.4).

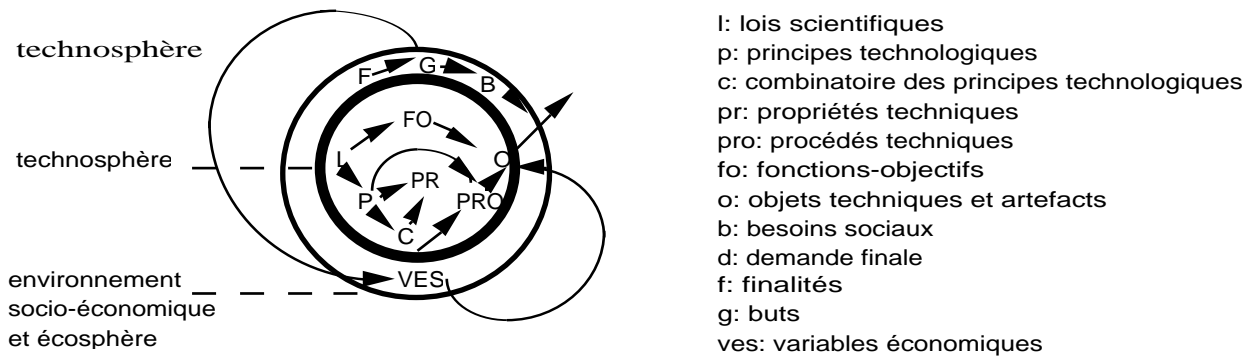


fig4

La logique de constitution de l'objet technique s'exprime par les relations et inter-relations entre les lois scientifiques, les principes technologiques, leur combinatoire, les propriétés techniques et les procédés. Les objets et artefacts sont les extrants qui opèrent l'environnement et déplacent les frontières de la technosphère.

Logiques de constitution et d'utilisation sont induites par les choix sociaux. Finalités, besoins, demandes, buts forment une boucle complexe. Le système objectif contient comme tout procès politique des points de combinaison et de réduction de la demande (17). Ces points sont soumis à un contrôle social pour lequel entrent en compétition les groupes intéressés et où se nouent des coalitions diverses et des luttes-concours. Les buts assignés en sont le résultat.

Ici le modèle peut s'enrichir par l'introduction du concept de "fonction-objectif" (18). R. AYRES a développé une méthode qui s'attache à définir des catégories d'objets techniques sur la base d'un critère de proximité fonctionnelle. Ce critère exprime un principe technologique. Ainsi "l'existence d'une famille regroupant des objets manufacturés aussi différents que les armes à feu, les missiles, les lasers, les rayons X, les équipements de soudage et les robots peut surprendre. Mais tous ces objets techniques sont au fond destinés à projeter de l'énergie vers une cible, située à une certaine distance". Le concept associe le principe technologique et l'objectif (social). Il introduit une médiation qui manquait. Son établissement requiert une compétence des principes technologiques dont ne disposaient pas généralement philosophes et ethnologues. On pressent là aussi l'exceptionnelle richesse d'analyse que permettrait une collecte systématique des principales fonctions-objectifs.

Dans le modèle précédent l'environnement socio-économique opère la conception -le design- des objets techniques, les variables économiques et sociales les procédés de fabrication (fig. 4).

Un troisième niveau de représentation plus complexe incorpore les articulations du *bloc interactif technologie-production-travail* et ses relations extrinsèques avec les grands systèmes de l'environnement (fig. 5). Les systèmes de la technologie, de l'organisation de la production, du

travail ont été décomposés en sous-systèmes (ou "processeurs" dans le terminologie de J.L. LE MOIGNE). L'analyse dissocie ce qui dans la réalité forme un bloc interactif. L'interactivité se manifeste dans les relations entre les processus.

Une décomposition similaire en processeurs externes a été faite pour les sous-systèmes des instances socio-économique et socio-politique. Les grands systèmes de l'environnement culturel, scientifique, démographique et écologique ont été considérés globalement.

En dehors de ces derniers les "processeurs" comprennent, au niveau socio-économique et socio-politique: les besoins, la demande sociale, le mode de vie, la structure de la consommation, les appareils politiques, les relations de production, les relations de propriété, les propriétaires, le marché des biens de consommation, celui des biens d'équipement, des services, la compétition internationale, les prix et l'inflation, le taux de profit; à l'intérieur du bloc interactif technologie-production-travail, la connaissance scientifique et technique, l'invention et la R.&D., le stock d'innovations technologiques, la diffusion et le transfert technologique, le système technique, la culture technique, l'information, les matériaux, l'énergie, le financement, l'organisation de la production, la formation éducationnelle, la qualification du travail, les travailleurs, les conditions de travail, le marché du travail et l'emploi, l'organisation du travail, l'accumulation du capital, la productivité, le système des objets.

Ainsi dans cet essai (19) 42 processeurs ont été retenus, 19 à l'intérieur du bloc interactif, 23 pour l'environnement. La recherche des relations entre eux conduit à se poser 1722 questions. Au terme de cet examen 350 relations principales ont été sélectionnées, 90 sont relatives aux

(17) D. EASTON: "a systems analysis of political life", John Wiley Sons, 1965.

(18) R. AYRES : "Empirical measures of technological change at the sectoral levels", Technological forecasting and social change, 27.

(19) P.F. GONOD : "Projet Prospective Technologie", Technologie-Production-Travail, BIT, Genève, Mai 1984

relations internes au bloc, 96 internes à l'environnement, 90 concernent les influences de ce dernier sur le bloc et 84 celles de celui-ci sur l'environnement. Le graphe (fig. 5) et la matrice structurale correspondante (fig. 6) rendent compte de cette analyse qui a été faite en référence à la situation d'un pays industriel d'économie de marché.

Il n'est pas dans l'objet de ce document de développer cette analyse qui fera l'objet d'un projet de recherche spécial. On se bornera à en évoquer les potentialités.

Ainsi l'analyse peut se compléter par une estimation de *l'intensité* des relations entre processeurs (fig. 7) celle des temps élémentaires des processus (fig. 8). La *nature des relations* entre processeurs peut être caractérisée en relations téléologiques, causales ou d'ordre, circulaires, feed-back "vrai" (non reproduites ici car leur visualisation implique la couleur) jouant positivement ou négativement, se cumulant ou s'opposant. Avec l'intensité, les *vitesses*, la nature des relations, le

modèle s'anime, des dynamiques cumulatives d'explosion ou de blocage, des mécanismes de régulation apparaissent, des forces se conjuguent en s'opposant, des luttes-concours se discernent entre les acteurs sociaux, des problèmes surgissent.

On peut déceler le motricité et la dépendance des processeurs en partant de leurs relations et intensités et en utilisant la méthodologie de la SEMA (20). Ainsi des "noeuds" des systèmes en interactions peuvent être localisés. Malgré la caractère rudimentaire de la représentation, l'essai révèle de grandes boucles complexes de causalité et des potentialités intéressantes. La localisation des "noeuds" des systèmes est aussi celle de la concentration des actions pour résoudre les problèmes les plus importants dont la typologie n'est pas sans intérêt (21). La dynamique des entrelacs des processus et des points clés des enchaînements est la condition d'une réflexion prospective.

Le pré-modèle exploratoire amorce l'incorporation des logiques de constitution, de fonctionnement et d'utilisation de la technologie. Il repose sur l'hypothèse de *cohérences* à plusieurs niveaux: la cohérence intrinsèque de la technologie, celle de l'innovation technologique, de son transfert, de l'organisation de la production et de celle du travail (22). Le démêlage de ces relations multiples laisse apparaître des figures descriptives de l'organisation des connaissances rendant compte de la complexité structurale: cartes linéaires (relations univoques), des cartes multilinéaires (type arbres généalogiques), des hiérarchies (type arborescences), des cycles (relations bivoques), des cartes multiniveaux combinant les modes d'expression précédents (23).

Bien évidemment le pré-modèle est ouvert aux enrichissements et peut incorporer les apports des autres niveaux de représentation. Il est tributaire en particulier des progrès à accomplir dans la compréhension des quatre logiques de la technologie, de la structure et de l'organisation

(20) Matrice d'analyse sectorielle et Programme MICMAC (matrice d'impacts croisés) voir M. GODET : "Crise de la prévision, essai de la prospective", Paris, PUF, 1977.

(21) Le problème étant défini généralement comme un état de tension entre la perception de la situation et le but-objectif, en partant de cette définition, on peut distinguer des catégories de "problèmes". On trouvera plus loin, à l'occasion de l'examen des problèmes d'élaboration de l'E.S.T. un essai de typologie des problèmes.

(22) Sur l'analyse des cohérences du système technique, voir l'article de P.F. GONOD: "Le système technologique" dans le Traité d'Economie Industrielle, GRECO-Economica, 1988.

(23) J.N. WARFIELD : "Some principles of knowledge organization" in IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, June 1979, Vol. SMC 9, N° 6.

Pour l'utilisation des graphes dans la théorie des systèmes voir M.G. REGGIANI et F.E. MARCHETTI, doc. cité Réf. 16

Malgré ses limites actuelles le pré-modèle laisse entrevoir d'intéressantes *possibilités*, notamment pour les comparaisons internationales. C'est ainsi qu'un pays de sous-développement profond pourra ne pas posséder l'ensemble des systèmes et sous-systèmes considérés (l'inexistence, par exemple, d'un système scientifique). Entre pays industriels des

différences pourront affecter la configuration interne et externe du bloc interactif, la nature des relations entre processeurs pourra varier ainsi que l'intensité et la durée des processus, etc...

Sur un plan fondamental la recherche suggère que les processeurs semblent constituer des sous-systèmes inégalement achevés. Les uns manquent d'un niveau de régulation, d'autres d'une mémorisation, les niveaux de l'autofinalisation et de l'auto-organisation ne sont pas atteints par tous (24).

Une autre utilisation possible de ce type d'analyse est la visualisation des champs couverts par les théories économiques et sociales. ainsi, par exemple,

on peut rendre plus transparents les relations et différences entre le marxisme et le rapport salarial. On entrevoit ainsi d'autres pédagogies permettant de situer les rapports du tout et des parties, d'encadrer les enseignements spécifiques dans la vision globale, c'est à dire en définitive d'amorcer une *formation systémique* (25).

Multidimensionnalité de la technologie et classifications

Les différents niveaux de représentation de la technologie ci-dessus traduisent la multidimensionnalité de la technologie, et, par là même, les difficultés de son appréhension. C'est pourquoi à défaut de pouvoir incorporer ces dimensions dans une classification unique, faudrait-il, pour le moins, établir des classifications significatives et cohérentes entre elles.

Les classifications ne sont pas, par ailleurs, indifférentes aux buts poursuivis et reflètent un système de référence. L'histoire et les débats des classifications des plantes le démontrent (26). Les classifications populaires constituent un système achevé avec ses règles propres où s'entrecroisent des critères d'utilisation et morphologiques. Classifications populaires ou scientifiques sont des outils permettant de comprendre le fonctionnement de l'univers. Ordinairement on considère que le travail scientifique se fait en deux étapes: d'abord il faut classer et nommer les entités que l'on étudie, ensuite seulement semble intervenir la théorisation. Cette idée est en cours de réévaluation. A travers l'histoire de la biologie il paraît qu'il y a bouclage, une rétroaction entre ces deux démarches complémentaires, et il est proposé également le constat suivant: *toute percée théorique n'est véritablement fondamentale que si elle permet des progrès taxinomiques* (27).

On retiendra de l'expérience taxinomique du vivant qu'une ou des taxinomies de la technologie sont fonction: des buts recherchés, de la représentation du connu -et du vécu-, de la théorisation de celle-ci.

Grossièrement, les classifications existantes de la technologie peuvent se regrouper ainsi:

. les classifications "extrantes" (out) basées sur les formes et (ou) les fonctions utilitaires des objets et artefacts techniques,
. les classifications "intrantes" (in) basées sur la matière travaillée,
Ce sont les domaines de la muséologie et des travaux de l'ethnologie courante.

Dans une conception plus dynamique non seulement l'usage et la fonction de l'objet sont envisagés, mais des techniques sans objets matériels "les techniques du corps" (28) ce qui amène à des classifications des outils selon le geste d'emploi (29) et ouvre la voie à une

(24) J.L. LE MOIGNE, réf. 1, considère 9 niveaux de "l'objet" -ou systèmes concevables: 1- niveau passif, 2- actif, 3- régulé, 4- informé, 5- niveau de la décision, 6- de la mémorisation, 7- de la coordination ou pilotage, 8- de l'auto-organisation, 9- de l'auto-finalisation.

(25) sur la formation systémique voir JOEL de ROSNAY, le macroscopie. Vers une vision globale .Ed. du Seuil, 1975

(26) "l'ordre et la diversité du vivant", ouvrage coordonné par Pascal TASSY, Fondation Diderot, Fataud, 1986

(27) H. Le GUYADER: "Objectivité et taxinomie: des systèmes et méthodes à la classification naturelle" dans, "l'ordre et la diversité du vivant" doc ref 26.

(28) Cours de Marcel MAUSS, cité par A. D'HAUDRICOURT, réf 6.

(29) A. LEROI-GOURHAN, voir réf. 6

véritable anthropologie des techniques, partie de l'histoire naturelle des hommes. Cette construction n'a été possible que par une théorisation, la *création de concepts*: l'outil "prolongement du corps", les "chaînes opératoires", la "mémoire sociale collective", le "milieu favorable"... (30). Les classifications portant sur de longues périodes historiques sont à la fois ethnologiques et historiques.

. Les classifications des historiens des techniques concernent le plus souvent l'enregistrement des faits techniques soit en partant de typologies "out" ou "in" ou un mixte des deux.

Plus rares sont les travaux basés, comme en biologie, sur une classification généalogique. Il faudrait pour cela tenir compte du fait que la convergence et la sélection naturelle s'opèrent dans des conditions où le milieu extérieur est à la fois le milieu naturel et le milieu social, où la sélection est le choix de la technique la plus efficace, et que l'invention qui est plus facile que la mutation et plus fréquente que l'hybridation confère à l'évolution technique une possibilité d'accélération que n'a pas connue l'évolution biologique (31).

L'impossibilité de "remonter" l'histoire des techniques conduit plus à des oeuvres éclairant la biologie de constitution et d'évolution des techniques (32) (33) (34) qu'à des classifications généalogiques. Des progrès ont été ainsi accomplis dans la compréhension de la structure technologique (35). Une méthode d'analyse morphologique s'est dégagée (36) qui conduit à de premiers résultats intéressants (37).

Les classifications des processus de production des technologies, c'est-à-dire le procès ontologique intrant-extrant, sont quasi-absentes. Dans un sens elles devraient être l'aboutissement de classifications généalogiques. Mais l'insuffisance de l'information passée et l'énorme

complexité actuelle rendent chimérique cette perspective. *La méthode de la technologie est de "partir du présent pour remonter au passé"* (A. HAUDRICOURT). Il n'y a donc pas d'autre voie que de comprendre la structure et l'organisation de la technologie d'aujourd'hui.

On pourrait objecter, a priori, que l'énorme documentation de connaissances techniques accumulée dans les Offices de la Propriété Industrielle constitue, en fait, une prodigieuse Encyclopédie des Techniques. Malheureusement il n'en est pas ainsi. La classification des données, dont les brevets, correspond plus aux secteurs d'activité qu'aux principes technologiques. Ceux-ci sont décrits dans les documents, mais souvent dans une rédaction qui ne permet pas de les décrypter. Enfin une partie seulement des brevets est exploitée et contribue à la constitution et à l'évolution du système technique. En fait il manque à cette documentation la théorisation que l'éclairerait.

Une forme de classification axée sur le procès ontologique intrant-extrant utilise la *méthode de l'analyse de la complexité technologique* (A.C.T.) appliquée à l'industrie électro-mécanique, et particulièrement aux biens d'équipement (38) (39). Ici, des fonctions de production technologiques associent les inputs (123 au total) dans des combinaisons variables

(30) Voir l'analyse de Aliette GEISTDOERFER : "Histoire et Ethnologie, l'apport d'André LEROI-GOURHAN", La Pensée, N° 258, Juil-Août 1987.

(31) A. HAUDRICOURT : "La technologie, science humaine", La Pensée, N° 254, nov-Déc. 1986.

(32) B. GILLES : "Histoire des techniques", NRF, Pléiade, Paris 1978.

(33) D. FURIA, P. CH. SERRE : "Techniques et sociétés, liaisons et évolutions", Armand Colin, 1970.

(34) J.L. MAUNOURY : "La genèse des innovations", PUF, 1968.

(35) A.P. USHER : "A history of mechanical inventions", New York, 1954.

(36) F. ZWICKY : "Morphology and nomenclature of jets engines", Aeronautical Engineering review, * 1947.

(37) D. FORAY et P. GARROUSTE : "Le dispositif d'observation : analyse morphologique et arborescence technologique", dans analyse de systèmes. L'observation des changements technologiques - vol. XIII, N° 3, Sept. 1987, Groupe International de Recherche et Théorie et Analyse Scientifique des Systèmes, Lyon.

(38) P.F. GONOD : "Un outil : l'analyse de la complexité technologique", Revue d'Economie Industrielle, N° 20, 2ème trimestre 1982.

(39) F. VIDOSSICH : "Système Expert Biens d'équipements", ONUDI, 1987.

pour produire des extraits spécifiques. Les combinaisons varient selon le nombre des inputs et le niveau de complexité de ceux-ci (7 niveaux considérés). Ainsi pour une fonction de production technologique donnée on peut classer les outputs qu'il est possible de produire. Réciproquement on peut identifier quelle est la fonction de production nécessaire pour fabriquer un ou des outputs donnés. On peut ainsi classer les objets techniques par niveaux de complexité de fabrication.

En référence à l'observation des réalités industrielles de la zone OCDE, considérées comme le "pattern" dominant, on peut en déduire des sortes de "lois" de composition et de changement du secteur.

L'ouverture des échelles de complexité des inputs correspond en fait aux alternatives des procédés de fabrication, la configuration des inputs à la structure du processus de production et du produit, à l'inter-relation dialectique de ces derniers.

Cette méthodologie -opérationnelle pour les choix stratégiques d'entrée dans le secteur- demanderait pourtant à être complétée vers "l'amont" et vers "l'aval". En amont, il faudrait régresser des inputs et de leur combinatoire vers les principes technologiques sous-jacents et à la combinatoire de ces principes. En aval, il faudrait analyser les objets techniques non seulement du point de vue de leur complexité de fabrication, mais de leur complexité fonctionnelle incorporée. On pressent les potentialités de rattacher ces niveaux d'analyse amont-aval aux fonctions-objectifs évoquées précédemment (40) qui opèrent la conjonction des principes technologiques et des fonctions assignées aux objets techniques.

Ce terrain est pratiquement inexploré.

En conclusion, à notre époque les critères d'une taxinomie de la technologie doivent être fixés par rapport au but: la maîtrise sociale de la technologie.

Cette exigence conduit à privilégier une recherche centrée sur le pôle ontologique du triangle technologique, et sur la dialectique complexe de ses logiques de construction, de fonctionnement, d'utilisation et d'évolution (voir Chapitre V, les 4 logiques de la technologie), avec pour conséquence de passer de la pratique de la multidisciplinarité par juxtaposition à l'approche interdisciplinaire (voir dans la II° PARTIE, problèmes et instruments).

Formes et métamorphoses sociales de la technologie

La technologie ne tombe pas du ciel. C'est une création de la société. Un système technique est donc un système social. La technique, comme matérialisation des lois de la nature médiatise les relations entre celle-ci et la société. Le système technique est un ensemble "physique" et "social" en interaction. La technologie envisagée dans un sens large comme "la science des forces productives" (Haudricourt) concerne l'analyse de cette socialisation à travers les formes et les métamorphoses de la technologie. L'union des parties est constitutive du système, selon des boucles non seulement rétroactives mais récursives . Il faut donc considérer, ensemble, logique intrinsèque et extrinsèque de constitution de la technologie. C'est ce qui en fait la difficulté et explique la portée limitée des analyses partielles pratiquées jusqu'alors. D'autant plus limitée que, par un paradoxe déjà signalé, *on manque de base de connaissances organisées sur la logique intrinsèque de constitution.*

Cependant de nouvelles approches paraissent susceptibles de débloquent la situation.

Une nouvelle vague de la sociologie de la technologie ?

Un groupe issu de l'association européenne pour l'étude de la Science et de la technologie a entrepris de transférer les acquis de la sociologie de la science à la technologie. Le résultat de ce travail est consigné dans un

livre récent (41). Il vise en fait à élaborer une théorie de la technologie et à bâtir une approche unifiée.

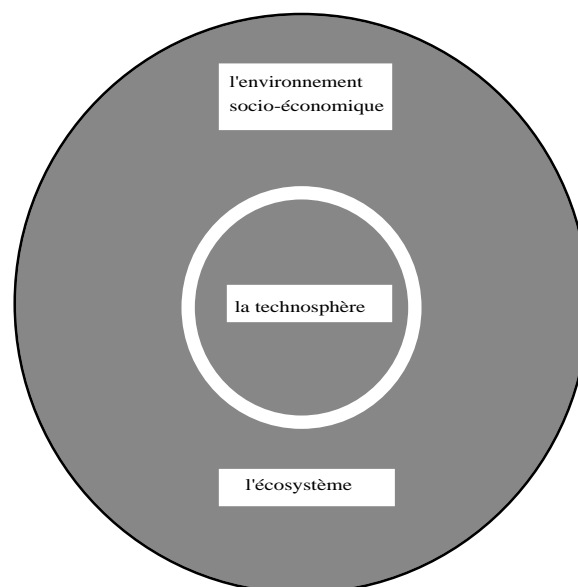
(40) R. AYRES : Doc. cité réf. 18

41) The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology edited by Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hugues and Trevor PINCH, MIT Press, 1987.

Le constat est d'abord fait qu'en contraste avec la sociologie de la science celle de la technologie est à l'état embryonnaire.

L'approche suivie dans la sociologie de la Science est "le programme de relativisme empirique (empirical programme of relativism - or EPOR) qui représente un effort continu des Sociologistes pour comprendre le contenu des Sciences naturelles en termes de construction sociale. Cette approche comprend trois stages : l'interprétation flexible des découvertes scientifiques où il est montré que celles-ci sont ouvertes à plus d'une interprétation, ensuite la disparition de la flexibilité et l'apparition des consensus d'où émerge la "vérité", enfin les mécanismes de clôture du milieu socio-culturel.

En référence à EPOR une démarche similaire et adaptée est tentée dans le domaine de la technologie, il s'agit de la construction sociale de la technologie (Social construction of technology or SCAT). Un modèle multidirectionnel a été élaboré dont le principe suit le processus de conception et sélection des artefacts par groupes sociaux qui décident quels sont les problèmes . Ainsi "un problème est défini seulement quand il y a un groupe social pour lequel il constitue un problème" (42). Les travaux des divers auteurs du livre présentent certes des différences mais leurs similitudes l'emportent. Un trait commun est l'acceptation de la métaphore d'un "*tissu sans couture*" (seamless web) pour caractériser les rapports de la société et de la technologie.



Il est écrit que "le point clé n'est pas que le social a un statut spécial derrière le naturel ; plutôt, il est soutenu qu'il n'est rien que social : phénomène naturel socialement construit, intérêts sociaux socialement construits, artifices socialement construits, et ainsi de suite". Dans le même esprit" plutôt que d'étudier les impacts sociaux de la technologie, les auteurs ont été plus concernés pour montrer comment la technologie elle-même peut être comprise comme un produit social, ou au moins comme possédant une dimension sociale. Ceci entraîne un changement radical dans la façon dont nous concevons la technologie et plus généralement le procès d'innovation. *Les aspects sociaux de la technologie ne commencent pas quand un procédé technologique ou un produit est absorbé par la société : ils sont toujours présents*". On notera que les auteurs "ont recherché un langage et des concepts pour exprimer leur nouvelle compréhension du changement technologique". Constat qui n'est pas sans intérêt et

(42) Trevor J. Ansh and Wiebe E. Bijker - The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other (voir réf. 41).

confirme une des exigences du projet E.S.T. (43) et la démarche qui s'impose dès lors que l'on tente d'aller plus avant que les analyses courantes en la matière (43) (44).

On résumera quelques uns de ces nouveaux concepts.

. "Le *style technologique*" (45) est une réponse dans le transfert technologique aux différents environnements et à son adaptation. "Le concept de style appliqué à la technologie contre la fausse notion que la technologie est simplement de la Science et de l'économie appliquée. Les lois de OHM et de JOULE, les facteurs d'inputs et les coûts unitaires ne sont pas des explications suffisantes pour la formation de la technologie. Les concepts, à la fois, de la formation sociale de la technologie et du style technologique aident l'historien et le sociologue, et peut être le praticien, à éviter des analyses réductionnistes de la technologie". Ayant noté l'existence d'un pôle international de la technologie" dans le domaine de la lumière et de la force électrique, l'auteur montre les différences dans les systèmes installés après la Révolution bolchevique en URSS, avec ceux en occident, et à l'intérieur de celui-ci les différences existantes entre les tailles, le nombre, la localisation des centrales électriques de Londres et de Berlin. Ces différences inexplicables techniquement le sont sociologiquement dès qu'on fait intervenir les valeurs politiques des choix.

. Le concept de "*force vive*" du système technologiques ("momentum") (45) exprime le fait que les systèmes murs (mature) ont une qualité analogue à la force d'inertie (inertia motion). Ce phénomène peut conduire à l'illusion que le système devient autonome. En réalité sa

durabilité s'explique par les intérêts investis dans le système par les divers acteurs et institutions. La durabilité des artefacts et de la connaissance dans un système suggère la métaphore physique de trajectoire qui est similaire au "momentum".

"La force vive d'un système basé sur un capital intensif, les artefacts non amortis, expliquent la survivance d'un courant direct après la "bataille de systèmes" en dépit de la victoire du courant alternatif concurrent".

On ajoutera que cette notion de force vive et de vitesse acquise peut être complétée par la phénomène de la percolation (46), du moins dans la phase de croissance et de maturité du système.

La notion peut être intéressante pour la prospective technologique et inciter à tempérer des vues hâtives sur la société "post-industrielle". Au demeurant l'analyse montre la durabilité, par exemple dans le secteur des biens d'équipements, de sous systèmes à rythme lent d'innovation (47). Dès lors un des problèmes pour la prospective est déjà de comprendre les cohérences, la cohésion, et leurs limites, de technologies de générations différentes.

La notion de "*saillant opposé*" (reverse salient) (45) suggère qu'il y a dans un système des composants qui sont restés derrière ou qui ne sont pas en phase avec les autres. La métaphore exprime une idée plus complexe que la notion rigide de goulet d'étranglement. En effet quand un système technologique est en expansion des "saillants opposés" se développent. Ce sont des retards techniques d'éléments, des besoins d'organisation, etc... qui constituent des problèmes critiques. Ceux-ci émergent à chaque stage du développement du système et requièrent différents types d'agents pour les résoudre.

Quand un "saillant opposé" ne peut pas être corrigé dans le contexte du système existant, le problème devient radical et la solution peut amener à un nouveau système concurrent. Par exemple à la fin des années vingt des résultats de l'aérodynamique indiquaient que le moteur

(43) Voir la note de P.F. GONOD. Projet étude de faisabilité de l'Encyclopédie Systémique de la Technologie. L'objectif premier: créer un langage pertinent de description et d'analyse de la technologie, février 1987.

(44) Voir, par exemple, la construction théorique, concepts et méthodes, élaborés par Daniel DUFOURT, Pierre GARROUSSE et alias dans l'Observation des changements méthodologiques, ECT Lyon Analyse de systèmes, septembre 1987.

(45) Thomas P. HUGHES. "The evolution of large technological systems" in "The social construction of technological systems".

(46) Voir P. de GENNES "La percolation, un concept unificateur", La Recherche n° 72, nov. 1976; Ehud ZUSCOVITCH et Jean ARROUS "Les matériaux composites en la face cachée de la révolution technologique" in "L'innovation" sous la direction de Régis Larue de Tournemine, La Documentation Française, 1983.

(47) P.F. GONOD, doc cité réf. 19.

exemple à la fin des années vingt des résultats de l'aérodynamique indiquaient que le moteur

conventionnel à piston ne pourrait pas permettre d'atteindre la vitesse du son pour les avions. La sortie de cette impasse a été permise par les moteurs à réaction. On rejoint ici la notion de "lignées techniques" (48)

. Le "*réseau acteur*" (actor network) est probablement le plus original des concepts développés par la nouvelle vogue des sociologistes

de la technologie (49). L'acteur réseau n'est réductible ni à un acteur seul ou à un réseau. "De même que les réseaux il est composé d'une série d'éléments hétérogènes, animés et inanimés, qui ont été liés les uns les autres pour une certaine période de temps". Le concept est basé sur l'idée d'associations hétérogènes. L'exemple du lancement avorté du véhicule électrique par EDF et des démêlés de celle-ci avec Renault illustre cette conception.

Cette histoire exprime deux interprétations radicalement différentes par les ingénieurs des deux sociétés de la dynamique de la consommation se rattachant à deux positions sociologiques (celle de Touraine, d'une part, Bourdieu, d'autre part). L'échec de EDF s'explique par le fait de la désintégration des associations hétérogènes qui devaient concevoir et réaliser le véhicule électrique, par le "reverse salient" tenant à l'absence d'un catalyseur bon marché de substituant au platine. Les sociologues, quelles que soient les écoles auxquelles ils appartiennent "simplifient la réalité sociale en excluant des associations ce qu'ils considèrent comme des entités, - électrons, catalyseurs par exemple - alors qu'elles expliquent la co-évolution de la société et de ses artefacts". Ainsi Michel CALLON considère tous les éléments en relations, physiques et humains, dans un réseau.

Les acteurs, contrairement à la sociologie traditionnelle comprennent donc des composants non-humains. "Un acteur réseau est simultanément un acteur dont l'activité constitue un réseau qui est capable de redéfinir et transforme ce qu'il fait ". L'idée d'acteur réseau est préférée à celle de système pour deux raisons. La première est qu'elle permet dans les séquences des procès technologiques depuis les premiers stades de l'invention de décrire l'hétérogénéité des situations d'une façon dynamique et de suivre le passage d'une configuration à l'autre. La seconde est qu'est évité le problème inhérent à l'analyse systémique de faire une distinction entre le système lui-même et son environnement. On connaît effectivement les difficultés de définir les limites d'un système et d'expliquer concrètement l'influence de l'environnement (50). Mais, comme le note M. CALLON quand on considère continuellement toutes les connexions liant "l'intérieur" et "l'extérieur" du système, on est très proche du concept de l'acteur-réseau.

La dynamique des acteurs réseaux s'explique par deux mécanismes: la *simplification* et la *juxtaposition*. La simplification est le premier élément nécessaire à l'organisation des associations hétérogènes. Bien qu'en théorie la réalité est infinie, en pratique les acteurs limitent leurs associations à une série d'entités discrètes dont les caractéristiques ou les attributs sont bien définis. Le réseau se constitue par juxtaposition des entités. "La simplification est seulement possible si les éléments sont juxtaposés dans un réseau de relations, mais la juxtaposition des éléments réciproquement requière qu'ils aient été simplifiés".

C'est de cette juxtaposition que les associations tirent leurs cohérences, consistance et structure de relations qui existent entre les composants

qu'elles comprennent. Ce sont ces relations qui définissent la contribution de chaque élément à la solidité du tout. Et elles varient.

(48) Jean Louis MAUNOURY "La Genèse des Innovations", PUF, 1968.

(49) Michel CALLON "Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis" in "The social construction of technological systems".

(50) Voir Yves BAREL "Le paradoxe et le système", PUF, 1979.

"Chaque élément est partie d'une chaîne qui garantit le propre fonctionnement de l'objet. Il peut être comparé à une "boîte noire" qui contient un réseau de boîtes noires qui dépendent les unes des autres à la fois pour leur propre fonctionnement comme individualité et pour le propre fonctionnement du tout". La modification de l'ensemble est fonction de la capacité de simplifier un réseau au nom d'un autre. "Si nous voulons construire une représentation graphique d'un réseau en utilisant une séquence de points et de lignes, nous devons voir chaque point comme un réseau qui à son tour est une série de points tenus en place par leurs propres relations". Un réseau est alors durable non seulement à cause de la durabilité des attaches entre les points mais aussi parce que chacun de ses points constitue un réseau durable et simplifié. "La solidité du tout résulte d'une architecture où chaque point est à l'intersection de deux réseaux : un qu'il simplifie et l'autre qui le simplifie."

On notera que cette représentation suggère aussi, une méthodologie pour une approche prospective moins simpliste. La représentation de CALLON converge au demeurant avec celle de niveaux de *cohérences* et de la *cohésion* du système technologique (51) Son mécanisme de simplification présente des analogies avec celui des *points de combinaison et de réduction du procès politique* (52).

Partant du fait que les considérations sociologiques et techniques sont inextricablement liées, CALLON en tire la conclusion que ceci conduit à la transformation de l'étude de la technologie en un instrument de l'analyse sociologique.

Suivre les innovateurs dans leurs investigations et projets est une autre voie d'apprendre au sujet de la société, surtout dans le cas d'innovations radicales où les ingénieurs sont forcés de développer des théories sociologiques explicites. "*Transformer la sociologie académique en une sociologie capable de suivre la technologie d'un bout à l'autre de son élaboration, signifie reconnaître que l'objet propre de l'étude n'est ni la société elle-même ou les soi-disantes relations sociales mais l'acteur réseaux qui simultanément élève la société et la technologie*".

Dans cette perspective l'émergence de l'ingénieur sociologiste est une notion à retenir comme une des conditions de la maîtrise sociale de la technologie.

Vers une épistémologie de la technologie?

C'est dans le cadre de cet effort international pour élargir la compréhension de l'histoire de la technique et de ses développements futurs que s'insère le livre de Jacques Perrin (53) . Dans sa préface Christopher Freeman observe "qu'une des faiblesses des sciences sociales a été leur incapacité à développer une théorie adéquate du changement technologique". "Notre objectif-écrit J. Perrin-est donc de

construire les bases d'une *épistémologie de la technologie*, c'est-à-dire de la genèse des connaissances relatives aux techniques. Mais notre approche ne sera que partielle puisqu'elle sera centrée sur une économie politique de la technologie (définie comme la science des rapports de production et d'échange)". Le point de départ de la tentative de compréhension de la technique et de ses lois de développement-la technologie- doit être celui des *rapports sociaux de production*.

L'hypothèse centrale de l'ouvrage est par conséquent la suivante: "*les rapports que les hommes tissent entre eux pour la production de biens et de services dans les entreprises, au niveau d'un pays et au niveau mondial, d'une part, les rapports que les hommes entretiennent avec la matière dans les processus de production d'autre part orientent la production des sciences et des techniques*". Cette hypothèse prend en quelque sorte le

(51) Voir P.F. GONOD "Le système technologique" dans le Traité d'Economie Industrielle, GRECO en Economie Industrielle, Economica, 1988, et précédemment figure 3.

(52) David Easton "doc; cité ref. 17

(53) Jacques PERRIN, Comment naissent les techniques, La production sociale des techniques, préface de Christopher Freeman , Publisus1988

contre-pied du discours dominant de notre époque: " la société façonnée par la technologie" (54). En schématisant un peu, le livre aurait pu s'intituler " la technologie façonnée par la société"(55).

J. Perrin donne une démonstration convaincante de l'emprise des forces économiques sur l'orientation des technologies dans l'histoire du choix en informatique du principe numérique contre l'analogique et dans l'histoire de la mécanique. En ramenant l'analyse à l'essentiel on peut dire que le *contrôle social* est le critère principal qui rétroagit de la logique d'utilisation de la technologie sur celle de sa constitution. Ce contrôle fait l'objet d'intenses luttes sociales. Le processus d'innovation doit être reconsidéré comme celui d'un transfert et d'intégration dans les machines des capacités opératoires des ouvriers (56). La division du travail a joué un rôle primordial dans le processus d'innovation des moyens de production. "La division du travail (mécanicienne, cybernéticienne, puis informaticienne) a impulsé et orienté la conception des machines et des systèmes automatisés et informatisés." Mais le transfert des capacités opérationnelles des travailleurs ne s'est pas réalisée d'une manière continue et linéaire. Ainsi le stade de la mécanisation correspond à un transfert dans les machines des savoir-faire opérationnels des *travailleurs individuels*, alors que celui de l'automatisation est un transfert de savoir -faire détenu par des *collectifs* d'ouvriers de la production , mais aussi par ceux des services de méthodes, de préparation du travail, du planning (57). Il faut donc

désormais décrypter ces savoir-faire car l'automatisation d'un processus de production implique "de savoir dégager les lois de son fonctionnement afin de la représenter dans un algorithme" (58).

Les processus socio-économiques, et en particulier les modèles d'organisation et de division du travail, sont une des trois composantes du procès de production des sciences et des technologies, les deux autres étant les *modèles culturels du rapport à la matière et les relations internationales*, y compris la division internationale du travail et les conflits militaires qui font l'objet d'analyses.

L'essai de J. Perrin élargit la compréhension de la naissance des techniques. Sa conception se rattache à celle de la pré-modélisation du bloc interactif technologie-production-travail présenté précédemment, bien quelle soit axée-non exclusivement au demeurant- sur l'économie politique. Elle désenclave le système technique que des analystes auraient tendance à autonomiser. A différence d'approche à des enjeux considérables. Si la technique se développe selon une logique interne et autonome, sa prospective découlera de ce déterminisme. Si par contre il y a effectivement, comme le commente C. Freeman, "un degré de choix social et politique dans le développement et l'application des nouvelles technologies,..la direction qu'elle vont prendre dépendra de l'état de compréhension et du poids relatif des forces concernées."

La raison d'être du projet de l'E.S.T. est de *socialiser* largement cette compréhension. Pour cela il faut, à la fois, sortir d'une approche exclusive en terme de logique interne de la technologie, et, paradoxalement, approfondir celle-ci par la connaissance de ses lois de composition.

54), titre d'un important article de A. DANZIN, La société façonnée par la technologie, Progrès technique, oct.1984 .

les thèses de J.ELLUL,(ref.10) vont dans le même sens.

(55) On notera parmi les positions à contre courant du discours dominant celle de M. GODET, Virage ou mirage technologique, Futuribles, Nov.1984.

(56) On trouvera plus loin l'expression de ce phénomène essentiel dans le chapitre "formes et métamorphoses sociales de la technologie", la combinatoire des formes technologies" incarnées" et "capitalisées", notamment.

(57) On rapprochera de cette analyse la tentative de mesure du niveau des savoir-faire effectuée par C.LEBAS et C.MERCIER Les savoir-faire et les changements techniques,E.C.T.Lyon 1983.

(58) Cahiers de l'ANRT. L'automation des processus de production.Impacts techniques, économiques et sociaux.Déc,1978. Cité par Perrin.

Une hypothèse générale

La société et la technologie forment bien un "tissu sans couture, (*seamless web*) mais ce tissu est constitué de fils différents, réunis par des mailles et une trame complexes.....



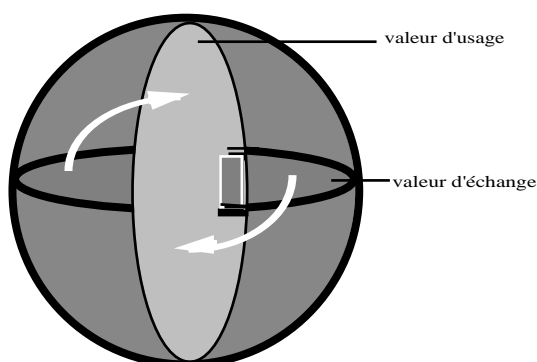
.....c'est la connaissance de cette texture que vise le projet E.S.T.

La technosphère devra donc être analysée selon ses dimensions successives, auxquelles correspondent des logiques qui s'articulent entre elles.

La construction sociale, le fonctionnement, l'utilisation, l'évolution, du système technologique impliquent, d'une part, la prise en considération des acteurs sociaux dotés de projets, de pouvoirs, de stratégies, d'objectifs, de moyens d'action, et, d'autre part, de la structure de la technologie elle-même comme réalité "physique", en tant que valeur d'usage. Paradoxalement, malgré l'énorme littérature technique, c'est ce dernier aspect qui fait le plus défaut. Ainsi, par exemple, il n'existe pas de taxinomie de la technologie, ni ce qui pourrait constituer une "technologie générale".

Cette entreprise suppose la solution de problèmes conceptuels et *une modélisation jouant le rôle d'hypothèse préalable*.

L'hypothèse globale part des catégories les plus générales de l'économie politique: la valeur d'usage et la valeur d'échange, dont les logiques sont à la base de la constitution, du transfert, de la reproduction, de l'évolution de la technologie.

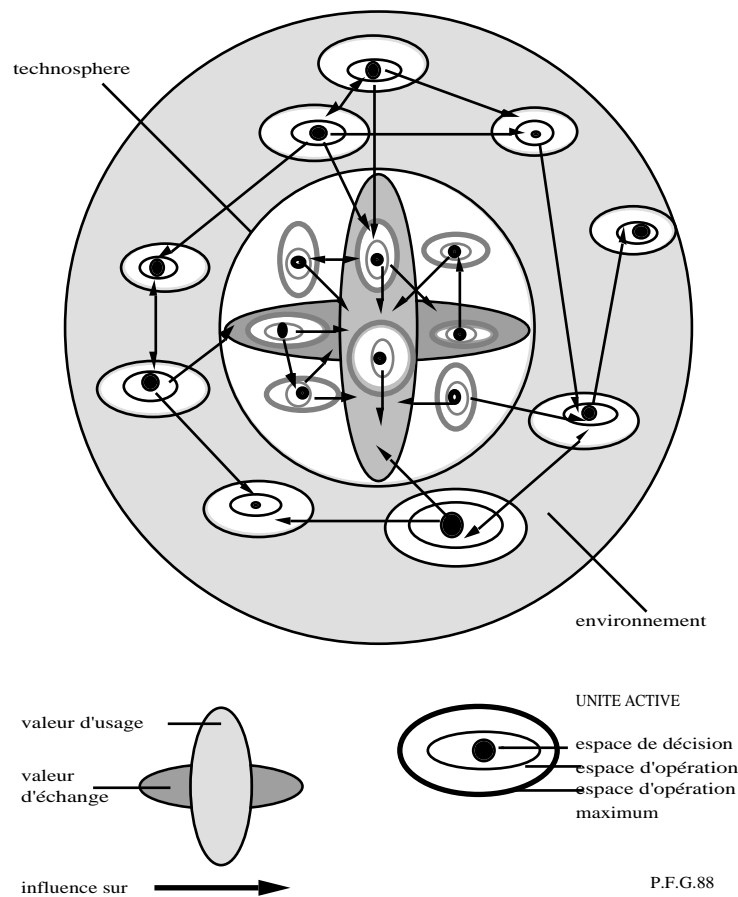


La valeur d'usage est une catégorie très générale qui concerne tous les modes de production. Elle est définie par des propriétés physiques, chimiques, biologiques. La technologie fait partie des sciences qui l'étudient, et, contribuent à ses transformations. Dans une société marchande, la valeur d'usage est l'ensemble des propriétés spécifiques d'une marchandise qui la rend apte à satisfaire un besoin social déterminé.

.La valeur d'échange est l'autre terme de l'unité dialectique qui caractérise la marchandise. Elle relève du domaine de l'économie politique. C'est le rapport quantitatif déterminé qui s'établit dans l'échange entre des valeurs d'usage d'espèce différente.

Les logiques de la valeur d'usage et d'échange sont à la base de la constitution, du transfert, de la reproduction, de la création et évolution de la technologie. Ces transformations sont l'œuvre d'agents sociaux qui opèrent ces ensembles en tant qu'*unités actives* (59) capables d'agir sur leurs partenaires et de transformer leur milieu.

Les Unités Actives disposent d'un espace de décision, créent un espace d'opération et sont limitées par les intersections d'espaces d'autres opérateurs à un espace d'opération maximum. Elles exercent une influence inégale sur les valeurs d'usage et d'échange.



(59) F.PERROUX, Unités actives et mathématiques nouvelles, révision de la théorie de l'équilibre économique général. Dunod 1975.

L'activité des Agents sociaux génère les métamorphoses de la technologie. C'est par celle-ci que la technologie prend différentes formes sociales:

"socialisée" (la littérature, l'éducation technologique...), "aliénée", selon un droit de propriété (licences, know-how secret...), "capitalisée"

(incorporée dans les machines et les instruments de travail....), "*incarnée*", (incorporée dans la ressource humaine, les savoir-faire....).(60 a). Les formes socialisée et aliénée sont des doublets antagonistes. Les formes capitalisée et incarnée des contradictions non antagonistes .Elles se combinent entre elles dans la mesure ou elles ne s'excluent pas.

(60) P. GONOD.

a- Clés por le transfert technologique , Institut de Développement Economique. Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement. Washington, août 1974;

b- Conflit-coopération dans le transfert technologique,Mondes en développement, N° 14, 1976;

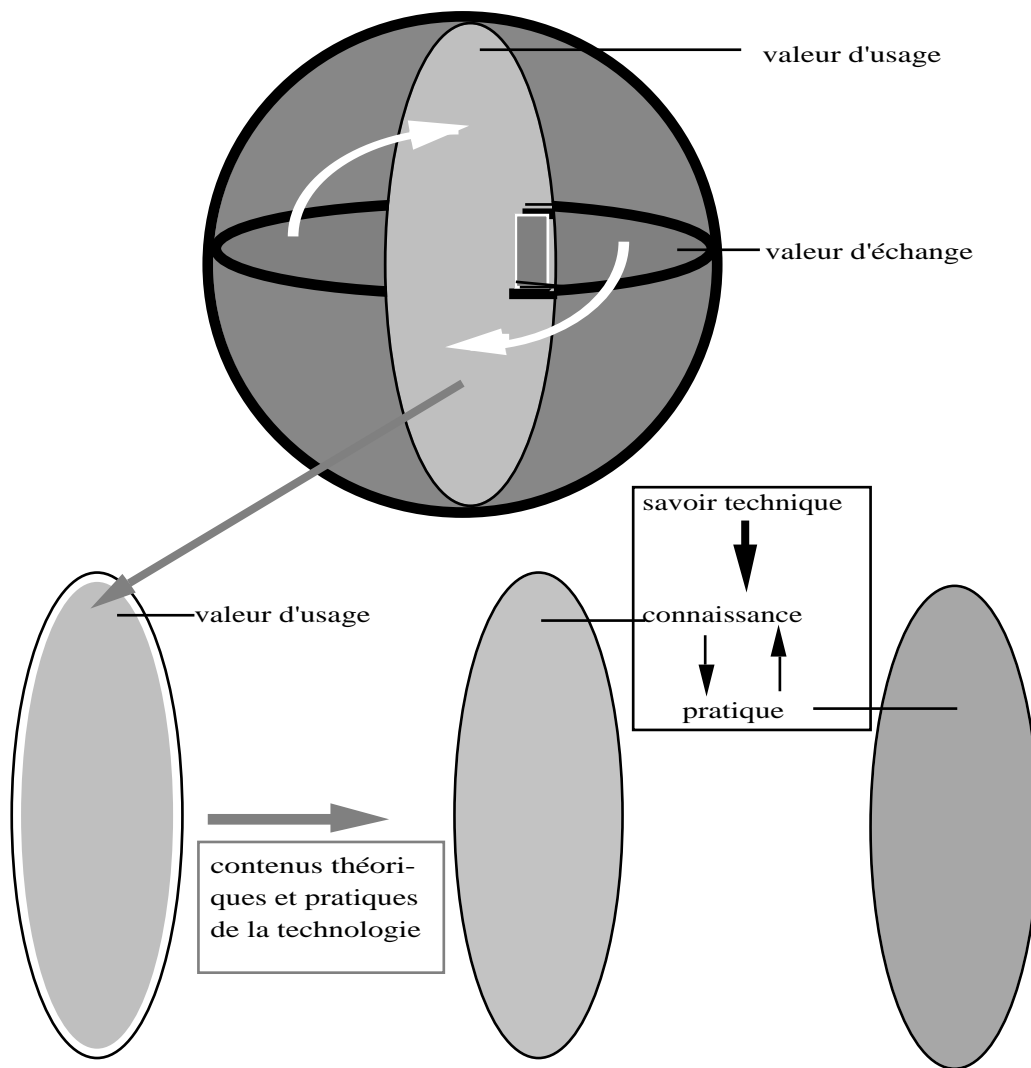
c-Nouvelles représentations du transfert technologique, Mondes en développemenent,N°20, 1977.

d-Transfer of technology and International Conflict and Co-operation, patterns and modalities of technological cooperation in the industrial systems of France and Hungary.E.C.T. Lyon 25 janvier 1988

formes sociales	s a c i				combinatoire
	s	a	c	i	
socialisé					sc; si; sci; ac; ai; aci.
aliénée					
capitalisée					
incarnée					

Cette classification exprime, d'une part, le fait que la technologie est finalement du travail, vivant ou passé, actuel ou cristallisé, du travail abstrait incorporé, d'autre part, le fait que la technologie, en tant qu'activité sociale, est une activité appropriée. Elle rend compte, notamment , du mouvement historique du transfert des savoir- faire dans les machines. En partant de l'axiomatique de l'échange composite, des unités actives (59), du conflit-coopération, des lutttes-concours (60 b), de nouvelles représentations du système technologique apparaissent (60c). L'énorme littérature sur les transferts tecnologiques peut être réinterprétée et de nouvelles significations se dégager. Ainsi au lieu des plates descriptions événementielles de la littérature courante sur les canaux des transferts entre émetteurs et récepteurs, une typologie des transferts et des arrangements industriels peut être établie, le rôle des agents précisés en regard des formes sociales de la technologie et de leurs pouvoirs respectifs.(54d)

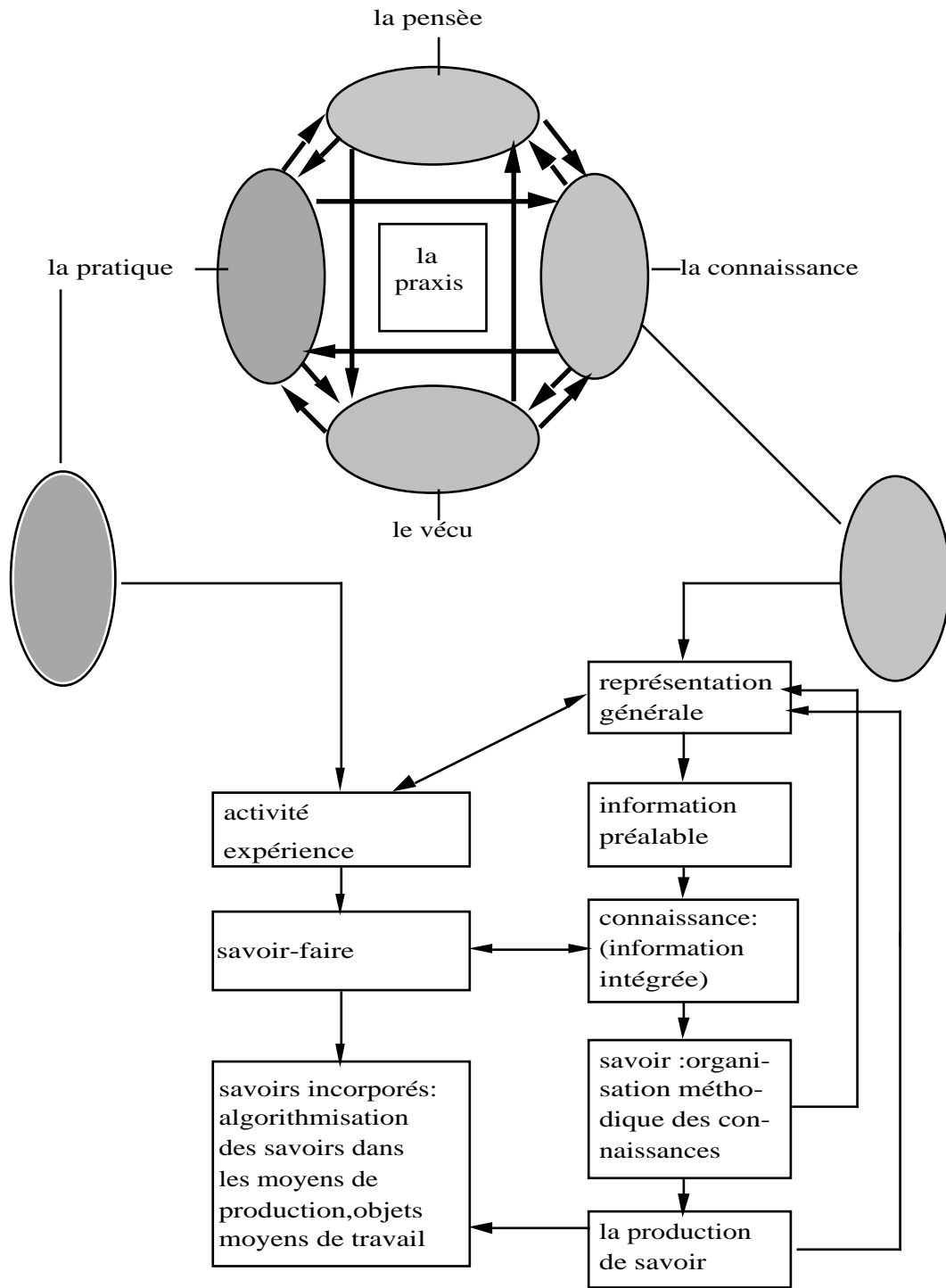
La valeur d'usage , à travers l'activité des agents sociaux, a des contenus technologiques de nature pratique et théorique



P.F.G.88

Les contenus technologiques s'articulent selon une dialectique complexe.

la praxis comme dialectique complexe

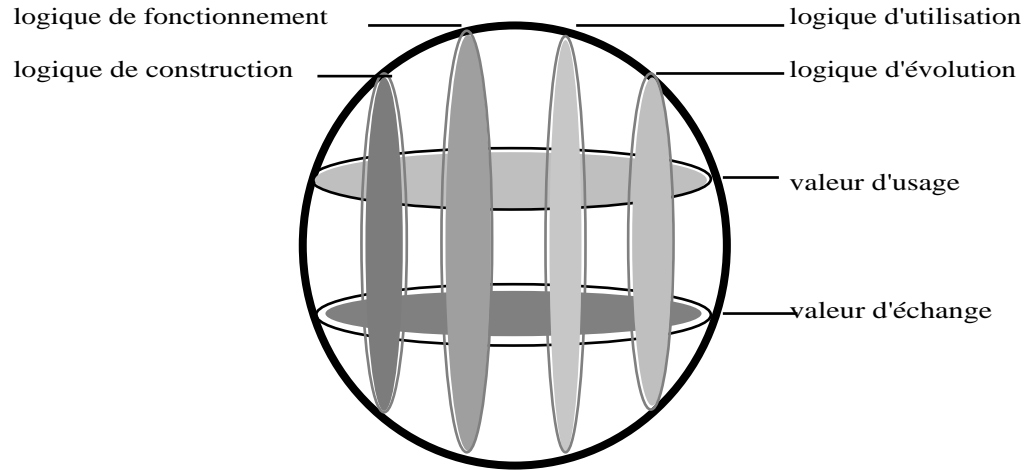


P.F.G.88

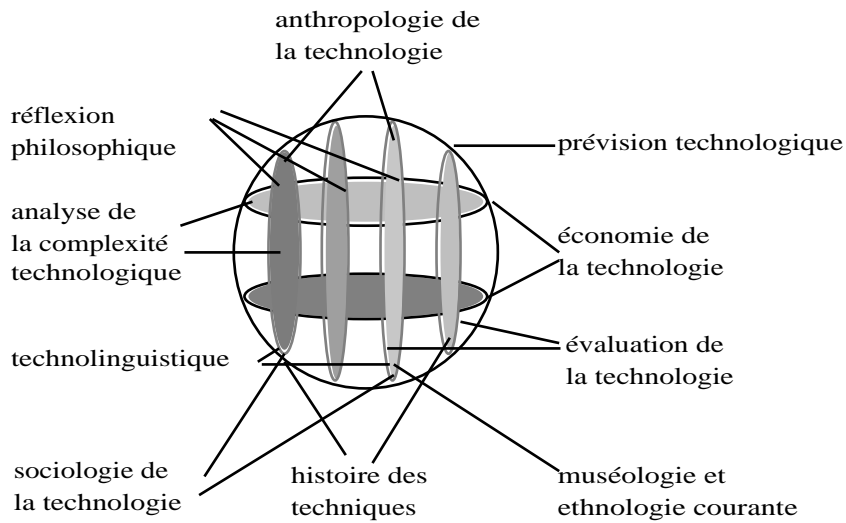
La technologie est multidimensionnelle et entrecroise différentes logiques. La multidisciplinarité de son étude est l'expression de sa

multidimensionnalité qui s'est développée historiquement de divers points de vue.

multidimensionalité de la technologie



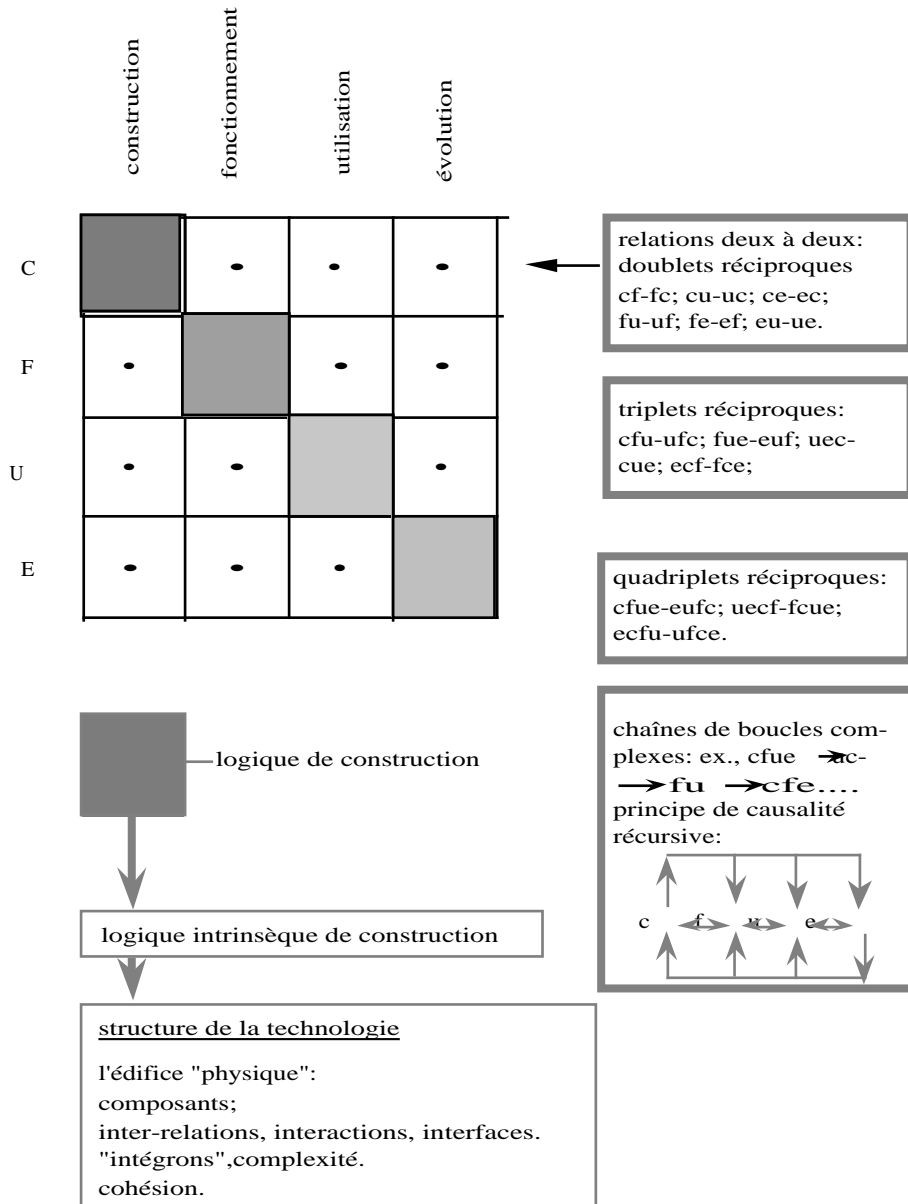
multidisciplinarité de l'étude de la technologie



Les quatre logiques

Les relations entre les quatre logiques de construction, de fonctionnement, d'utilisation et d'évolution sont des doublets, triplets, quadruplets réciproques, des chaînes de causalité complexe ou sont régies par le principe de récursivité.

logiques de la technologie



Les articulations des logiques résumées ci-dessous appellent des lectures complémentaires: sur la diagonale l'essence des quatre logiques; en colonnes les autres éléments des quatre logiques; en lignes les niveaux

articulations des logiques de la technologie

	construction	fonctionnement	utilisation	évolution
C	<ul style="list-style-type: none"> • socio-économie de construction • structure technologique: lois de la nature, principes, propriétés, procédés, éléments, objets, combinatoire technologiques • cohésion, complexité et variété du système 	<ul style="list-style-type: none"> • formes sociales de la technologie • relations causales: ordre, circularité, rétroaction, téléologique, principe de ré-oursivité • l'espace • le temps • cohérences 	<ul style="list-style-type: none"> • besoins, demande, et choix sociaux • échange composite: transferts technologiques 	<ul style="list-style-type: none"> • projets des acteurs sociaux • processus invention-innovation • force vive vs inertie du système technologique • désordre créateur, pression de conformité orientation de la R&D • nouvelle cohérence
F	<ul style="list-style-type: none"> • invariants et contraintes physiques 	<ul style="list-style-type: none"> • organisation intrinsèque du système technologique: au tonomisation de sous-systèmes, auto organisation, ouverture vs fermeture. niveaux d'organisation des objets • économie d'échelle min iaturisation 	<ul style="list-style-type: none"> • contrôle social • procès de décision 	<ul style="list-style-type: none"> • évaluation pluraliste des alternatives technologiques • nouvelles échelles d'opération technologiques. • "scaling-up et "scaling-down" innovations
U	<ul style="list-style-type: none"> • technosphère et expansion des frontières de la technologie 	<ul style="list-style-type: none"> • management de la complexité • complexité algorithmisée, incorporée dans les forces productives • complexité divisée, hiérarchisée dans le travail 	<ul style="list-style-type: none"> • normes d'utilisation facilité d'usage, coût, fiabilité, précision, vitesse, maintenance. • variables du marché • organisation des systèmes de production • organisation des systèmes du travail, configuration des métiers 	<ul style="list-style-type: none"> • régulations internationales de la compétition sauvage et de l'utilisation des technologies à haut risque. • éco développement • économie d'énergie • informatisation de la production • polyactivité, polytechniscisme
E	<ul style="list-style-type: none"> • nouvelle configuration des savoirs • apparition des sciences de la cognition • nouveaux principes scientifiques et technologiques, procédés, propriétés, matériaux. 	<ul style="list-style-type: none"> • cohérences nouvelles convergences technologiques 	<ul style="list-style-type: none"> • nouvelles demandes sociales • nouveaux objets et artefacts 	<ul style="list-style-type: none"> • émergence du besoin et du projet de maîtrise sociale de la technologie vs évolution du système échappant au contrôle • apparition d'un nouveau système technologique