

Conditions linguistiques du transfert technologique

H. DUPRAT

EXTRAIT DE LA REVUE "AUTOMATISME" - N° II, NOVEMBRE 1972

DUNOD
E D I T E U R

Conditions linguistiques du transfert technologique

H. DUPRAT *

Technologica! transfer, though creating value through the change of knowledge into industry, is a matter of communication more than trade. The best " perviousness " of industrial world to innovation requires a fluent connection between many information systems, in scientific, technical, economical and social fields, and a strict normalisation of industrial catalogues.

Thus, a unified language appears to be necessary to technical communication. Metrology should provide a main basis for that purpose. Such a work is an urgent, though longterm one, and would comply with a proper course of scientific mind.

L'apparition et le développement d'innovations constituent la principale composante de la croissance économique à long terme. Mais elles en sont aussi l'aspect le plus mal connu : le transfert technologique n'est économiquement mesurable qu'en tant que facteur résiduel. D'où l'importance et l'urgence des efforts actuels, d'une part pour observer, analyser, prévoir et orienter le développement, et, d'autre part, pour améliorer le rendement et l'efficacité de ses mécanismes élémentaires. Ces efforts s'exercent donc à deux niveaux, complémentaires comme le sont, dans un système asservi, régulateur et effecteur un niveau « critique », où se rencontrent des problèmes statistiques, et un niveau pratique, où les problèmes sont documentaires. Mais dans les deux cas, les difficultés se révèlent d'ordre linguistique, au sens large qu'a pris ce terme. Ces difficultés se résument en effet dans l'absence d'un langage unifié de la communication technique, langage dont on peut essayer de définir quelques caractères et de prévoir le rôle futur.

1 — LE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE, FAIT DE COMMUNICATION

Le transfert technologique est la transformation de connaissances en de nouvelles techniques de production.

Il se décompose en un grand nombre de petits événements, fortement aléatoires, liés par un réseau complexe d'interdépendances. Ce réseau ne constitue pas un système d'échanges de biens et de services, mais un système de communication entre disciplines et techniques.

Considéré globalement, le transfert technologique n'est qu'une phase du circuit économique d'ensemble, mais cette phase est de structure capillaire, et détermine la création finale de valeurs par sa perméabilité plus ou

moins grande à l'information.

Le fait élémentaire est en effet le passage d'une information du domaine de la recherche à celui de la production. Ce passage s'accompagne de multiples transformations, qui le rendent long, coûteux et incertain,

Au point de vue économique, les deux domaines sont régis par des lois différentes. Dans le champ du savoir, les richesses s'accroissent par le partage, et la « valeur » des connaissances se justifie en soi, par un surcroît d'intelligibilité du réel, au regard des auteurs et de leurs pairs. Au contraire, les richesses matérielles diminuent par le partage et la valeur de leur production est faite de leur utilité finale pour le marché.

L'intervention progressive du calcul économique, par l'escompte des résultats futurs, correspond ainsi à un changement de régime et l'on pourrait parler de « mur de la valeur » pour désigner cette zone de transition que l'innovation doit franchir.

Le contenu même de l'information évolue en cours de route. Aux critères d'intelligibilité se substituent peu à peu les exigences du « faire ». L'invariant véritable du transfert technologique est fait de « technèmes », pour reprendre le mot de J. Baudrillard, d'éléments techniques simples dont l'organisation forme la structure des machines et des objets, éléments différents à la fois du savoir scientifique et des objets réels, mais intermédiaires entre eux.

Enfin, la forme même du « message » technologique change de langage en cours de déplacement ; la diversité des systèmes documentaires transforme chaque interface en écran, les mêmes objets ou concepts étant désignés par des noms différents. Et ces mutations parasites altèrent, parfois jusqu'à l'annuler, la perméabilité du réseau de communication entre disciplines et techniques.

Ce réseau de communication est une organisation mentale collective, faite d'hommes liés par un tissu

* Administrateur à l'I.N.S.E.E.

de relations, et parlant entre eux divers langages. L'analyse devrait donc porter d'une part sur la structure et les modalités des relations et d'autre part sur la diversité des langages.

Nous n'aborderons ici que le problème des langages, et des effets de leurs interférences, lors de la genèse d'une innovation au sein de l'entreprise, puis au niveau des politiques économiques.

2 — LE PROBLÈME DE LA DOCUMENTATION INDUSTRIELLE

Si paradoxal que cela puisse paraître, la conception de l'innovation incombe moins, dans l'entreprise, au laboratoire ou au bureau d'études qu'aux services commerciaux. L'innovation devra se vendre, et l'idée première, conjonction d'un débouché et d'une possibilité technique, est le fruit, à la fois, d'une recherche exploratoire portant sur le marché et d'une recherche normative portant sur les moyens de réalisation. La question « que faire ? » précède la question « comment faire ? » tout en préjugant, en partie, des réponses à cette dernière : elle suppose en effet la connaissance de « l'état des techniques ». Or celui-ci comprend trois formes distinctes, auxquelles correspondent trois systèmes documentaires différents :

- les objets ou procédés déjà entrés dans la pratique industrielle,
- les brevets existants non encore exploités,
- les applications encore à l'étude des connaissances scientifiques existantes.

La transformation de l'idée première en réalité industrielle se fait par approximations successives, soumises à des impératifs économiques, qui conduisent à minimiser les frais d'étude et à utiliser par priorité ce qui existe, soit dans l'entreprise même, soit dans son environnement.

La mise au point du bien nouveau consiste, en effet, à définir son profil exact, le mieux adapté au marché, et sa production au moindre coût. Cette adaptation suppose deux séries de modifications progressives du produit :

- d'une part, l'amélioration des performances inférieures aux désirs ou aux besoins de la clientèle potentielle, amélioration qui grève en général le prix de revient,
- d'autre part, l'économie systématique des performances inutiles et coûteuses de certains composants ou de certains procédés de fabrication des proto types successifs.

Les techniques d'étude de marché, d'une part, et d'analyse de la valeur, d'autre part, jouent donc un rôle décisif en matière d'innovation, bien plus encore que pour la production de biens « classiques ». Elles exigent l'une et l'autre le recours à des informations spécifiques.

Ces techniques sont liées par une sorte de dualité.

L'étude de marché est orientée vers l'aval de l'entreprise : elle doit révéler les diverses qualités ou performances que la clientèle attend du produit proposé, et le prix qu'elle consentira pour les obtenir.

L'analyse de la valeur s'oriente au contraire vers

l'amont : elle doit découvrir les composants ou les procédés qui assureront au produit ses qualités ou ses performances, au coût le moindre.

Dans les deux cas, la forme idéale de l'information à recueillir et à traiter est celle d'un tableau donnant l'éventail des performances en fonction du prix ou du coût, actuels ou estimés. Cette forme est celle des catalogues de produits. Un catalogue est en effet une liste systématique de produits, selon un certain classement, avec, pour chacun, ses variantes de dimensions, spécifications et performances, et les prix correspondants.

Dès lors, plusieurs problèmes apparaissent :

- trouver, parmi les catalogues existants, à travers leurs classements et leurs langages propres, les composants ou procédés cherchés, dont la désignation et la place exactes sont le plus souvent inconnues, puisqu'ils sont définis par leur adéquation à un besoin nouveau,

- trouver, parmi les brevets, à travers leur classement et leur description propres, ceux dont l'exploitation fournirait les composants ou procédés manquant sur le marché,

- en dernier recours, assigner à la recherche proprement dite ses objectifs et ses limites, en formulant les problèmes encore à résoudre dans le langage des disciplines scientifiques,

- introduire, enfin, dans un même calcul d'optimisation, prenant en compte les contraintes des techniques de production, des caractéristiques descriptives de différentes provenances.

Or dès l'intérieur même du domaine industriel, les données à traiter ne sont pas compatibles. Dans la mesure où l'entreprise est maîtresse de la forme de ses propres catalogues, elle ne l'est pas de celle des catalogues élaborés par ses fournisseurs de matières ou de machines.

L'ensemble des produits, appareils ou services, que l'entreprise achète, utilise ou vend, se traduit par un fonds documentaire de sources disparates et de taille croissante, dont l'exploitation dépasse le plus souvent les possibilités proprement humaines, sans pour autant pouvoir être automatisée, faute d'une homogénéité suffisante des données. La « conception assistée par ordinateur » reste encore un projet théorique, dans la quasi-totalité des industries, tandis que l'évolution technologique rend de moins en moins acceptables les solutions traditionnelles, fondées sur le flair et la mémoire de l'ingénieur d'études ou de l'acheteur, voire du vieux magasinier. Les composants ou les procédés nouveaux, qu'impliquent la plupart des innovations véritables, font apparaître des caractéristiques utilisées jusque-là dans d'autres branches de l'industrie ou du savoir, et décrites dans les vocabulaires propres à celles-ci, en des termes *a priori* peu familiers à de nouveaux utilisateurs. Ce phénomène s'étend et s'aggrave, à mesure que se rencontrent dans la pratique industrielle des techniques plus nombreuses, plus diverses et plus spécialisées, dont chacune apporte son propre langage et requiert des notions spécifiques.

L'exploration de la documentation industrielle, essentielle au développement technologique, se heurte donc à des difficultés croissantes, par le fait même de ce développement, et fait apparaître la nécessité d'unifier le langage de la communication technique entre industriels et de le rendre compatible avec celui qu'utilisent les scientifiques.

Notons au passage que cette nécessité, rencontrée à partir de la définition des produits, se révélerait aussi dans la définition des métiers, et dans le mode d'acquisition et de transmission des connaissances et du savoir-faire nécessaires à leur pratique.

3 — LE PROBLÈME DES AGRÉGATS STATISTIQUES

La même nécessité d'unification des langages techniques apparaît, pour des raisons bien différentes, à l'examen des procédures de décision utilisées en politique industrielle, tant par les entreprises que par l'Etat. Ces procédures s'appuient en effet sur des résultats statistiques, obtenus à l'aide de nomenclatures diverses qu'il faut coordonner.

Nous avons évoqué l'importance de l'étude du marché lors de la définition qualitative du produit. Son rôle n'est pas moindre s'agissant de la prévision quantitative des débouchés. La conception, la mise au point, le lancement d'un bien nouveau, d'une technique nouvelle sont des opérations longues et coûteuses. Ces dépenses ne sont justifiées, pour l'entreprise ou pour ses bailleurs de fonds, que par l'anticipation des résultats à venir, anticipation affectée d'une large incertitude. Il semble même qu'une innovation ait d'autant moins de chances de franchir le mur de la réalisation industrielle qu'elle est plus neuve et permet moins d'invoquer des précédents favorables.

La prévision du marché futur fait intervenir des méthodes statistiques, « naïves » ou « sophistiquées », celles-ci reposent sur des moyennes, des corrélations, des tendances observées sur des ensembles, ou des échantillons, des catégories d'utilisateurs ou des groupes de produits, supposés « comparables ». Si directe qu'elle soit, l'étude du marché utilise comme bases d'estimation des éléments extraits des statistiques disponibles et liés à la structure de celles-ci.

La qualité de la prévision du marché futur dépend donc de l'ajustement plus ou moins exact entre le profil du produit nouveau, décrit par une combinaison de caractéristiques techniques, et les contours des catégories et des groupes, des « agrégats » sur lesquels portent les statistiques détaillées, dans la documentation économique et sociale.

Le financement de l'innovation soulève des difficultés analogues. L'appel, le plus souvent nécessaire, à un financement extérieur à l'entreprise, qu'il s'agisse d'apport de *Venture capital* ou d'attribution plus ou moins directe de subventions publiques, doit faire l'objet de décisions. Même prises au « coup par coup », ces décisions font intervenir des règles, des procédures, des *ratios* définis seulement pour des catégories, des groupes entiers de produits ou de techniques, c'est-à-dire des agrégats

dérivés des nomenclatures existantes, à des niveaux plus ou moins élevés.

Enfin, les modèles de projection, sur lesquels s'appuient la préparation des plans et les décisions de politique économique, devront, d'ici peu d'années, prendre en compte les coûts et les effets de la recherche et du développement. La construction de tels modèles impliquera l'existence d'agrégats statistiques donnant une représentation simplifiée, mais correcte, des principaux facteurs de l'évolution technologique. Ces agrégats ne pourront être définis qu'au prix d'études approfondies, dont l'une des conditions est une coordination suffisante des nomenclatures et des langages utilisés dans les disciplines scientifiques, les activités industrielles et la vie économique et sociale.

La politique de la formation professionnelle et de l'emploi, par exemple, nécessiterait des projections à long terme, détaillées par métier et tenant compte de l'évolution probable des techniques. De telles prévisions ne seront possibles que si des définitions cohérentes s'appliquent à une même discipline, selon qu'elle est un savoir qui s'accroît et s'enseigne, ou qu'elle fait partie d'un métier qu'on exerce.

On voit ainsi apparaître l'importance pratique des connexions, à divers niveaux, entre trois grands domaines :

- l'information scientifique et technique,
- les catalogues industriels,
- l'information économique et sociale.

Ces trois domaines ont des frontières communes, souvent imprécises, où doit être assurée la continuité des langages. Mais la nature des données, les milieux directement concernés, les fins poursuivies et les méthodes de travail sont très différents. Le but des systèmes d'information scientifique et technique, comme celui des catalogues industriels, est d'abord documentaire : il est de permettre à l'utilisateur de retrouver, le plus commodément possible, certaines données de base, sous leur forme initiale, parmi beaucoup d'autres. En matière d'information économique et sociale, au contraire, la fonction documentaire n'est qu'auxiliaire et le but essentiel est statistique : le rôle des systèmes de classement est de constituer des agrégats, dans lesquels se fondent, sans retour, les données de base, l'information de sortie n'étant formée que de données numériques collectives.

Ces trois domaines documentaires peuvent donc sembler indépendants, au moment où de multiples efforts sont entrepris pour les doter de systèmes plus efficaces. Ces efforts, tels que la création de réseaux de documentation scientifique, l'élaboration de normes de catalogage ou la coordination des nomenclatures économiques, risquent, en raison même des difficultés qu'ils rencontrent, de se développer en parallèle, chacun dans son domaine propre, sans que soient suffisamment examinées les conditions de leur compatibilité mutuelle à long terme.

La recherche de ces conditions se morcelle en un très

grand nombre de tâches très dispersées. Elle demande donc, pour être entreprise, le choix d'un point de départ et d'une méthode de travail, applicable de proche en proche. L'un et l'autre semblent pouvoir être trouvés dans le domaine des catalogues.

4. LA NORMALISATION DES CATALOGUES

Les catalogues industriels ont une importance particulière. Leur place est intermédiaire entre le domaine scientifique et technique et le domaine économique et social. Leur rôle est, à la fois, documentaire et statistique. C'est dans leur domaine que le désordre des vocabulaires et le retard des méthodes documentaires sont, de beaucoup, les plus graves. Ce sont enfin les efforts en cours pour y remédier qui nous paraissent amorcer la création d'un langage unifié de la communication technique.

Les brevets devraient joindre le domaine scientifique et technique au domaine des catalogues : ils forment le catalogue du proche futur. Mais les systèmes d'indexation actuels ne sont raccordés ni aux classifications scientifiques, ni aux catalogues industriels eux-mêmes. L'utilisation documentaire du potentiel d'information technologique rassemblé par les Offices de Propriété Industrielle reste donc difficile et limitée, ou exige la création de nouveaux systèmes. Les indexations ne se raccordant pas davantage aux nomenclatures économiques, aucune étude statistique d'ensemble n'a encore été possible sur les liens entre disciplines et techniques.

Des liens apparaissent, en revanche, entre les catalogues industriels et la documentation économique et sociale. Les nomenclatures d'activités et de produits utilisées pour les statistiques d'ensemble, notamment en Comptabilité Nationale, rassemblent, par degrés successifs, les données des statistiques industrielles, tandis que celles-ci, à travers les questionnaires adressés aux entreprises, doivent, en principe, se raccorder, sans lacune ni chevauchement, aux catégories apparues au niveau des catalogues. Mais la diversité de ces catégories selon les entreprises et la complexité du système rendent la cohérence et la signification des résultats très variables d'une industrie à l'autre. L'interdépendance des industries reste masquée pour une large part. Les agrégats sont ceux consacrés par l'usage et ne permettent de suivre qu'avec un grand retard l'évolution des techniques et l'apparition de produits nouveaux.

Dans leur domaine propre enfin, celui de la documentation industrielle, les catalogues remplissent fort mal leur rôle. Nous avons déjà dit pourquoi : d'une entreprise à l'autre, les classements des produits, leurs appellations et leurs descriptions varient. Cet état de choses explique d'ailleurs les difficultés rencontrées par l'informatique en gestion industrielle, et le fait que les banques de données sur les produits restent encore au stade expérimental.

La normalisation de la structure et du contenu des catalogues est donc d'une particulière urgence. Elle est d'ailleurs le développement naturel des actions entreprises de longue date par l'A.F.N.O.R. et les

organismes analogues. Mais cette normalisation se heurte aux contraintes inhérentes à la construction des nomenclatures, dont les catalogues sont une application.

Les fonctions d'une nomenclature sont, rappelons-le, d'identifier, de décrire et de classer.

Identifier, parce que le seul moyen de raisonner sur un grand nombre d'objets, et *a fortiori* d'en charger un ordinateur, c'est de remplacer chacun d'eux par son «image» : dénomination ou code.

Décrire, parce que la correspondance entre le signifié et le signifiant, entre l'objet lui-même et son image, doit demeurer bi-univoque. Le seul moyen de déceler les doubles emplois, ou d'éviter leur formation, lors de l'introduction de nouveaux objets, est de comparer les objets entre eux à l'aide d'informations plus détaillées que les identifiants qui les désignent. Cette redondance peut seule assurer la fiabilité du système d'identification.

Classer, enfin, pour deux raisons. L'une est documentaire : il faut plus de temps pour trouver un objet dans un ensemble nombreux et désordonné que pour reconnaître, si l'ensemble est ordonné, le groupe restreint des objets similaires et trouver l'objet cherché parmi ceux-ci. L'autre raison est d'ordre statistique : en première approximation, on peut raisonner sur le contenu d'un ensemble à l'aide d'une description des diverses catégories d'objets qui le constituent, au lieu de s'encombrer de la description des objets eux-mêmes.

Toute nomenclature comporte donc deux ensembles de composants, les identifiants et les descriptions, liés entre eux, comme aux objets eux-mêmes, par des correspondances bi-univoques, et une structure, le plan de classement, de forme arborescente. En pratique, la liste des identifiants est donnée dans l'ordre du plan de classement, d'où le nom de « structure de liste », souvent donné à ce type d'organisation de fichiers.

La normalisation des catalogues industriels soulève ainsi, en apparence, trois problèmes distincts.

La normalisation des identifiants a été entreprise depuis longtemps. Elle porte essentiellement sur les dénominations. Mais le choix de celles-ci ne peut se faire qu'à l'aide des descriptions détaillées des produits. Normaliser ces descriptions constitue donc un préalable. Et le même préalable conditionne la réalisation des projets de code unique dérivé de la nomenclature de l'OTAN.

La normalisation des descriptions consiste dans l'adoption, pour chaque sorte de produit, d'un modèle de fiche, donnant les caractéristiques techniques du produit (dimensions, forme, matériaux, composants, performances, spécifications, etc.). Une vaste collection de telles normes a été constituée par l'U.S. Federal Catalog System et reprise dans la nomenclature de l'OTAN. Cet effort a été récompensé par de considérables économies de gestion. Mais cet aspect ne doit pas faire perdre de vue l'importance d'une opération annexe : la normalisation des descripteurs élémentaires que sont les caractéristiques techniques des produits. Chacune de ces caractéristiques apparaît désormais, sur

les modèles de description, comme une « question », au libellé invariable, et qui appelle en réponse soit un terme appartenant à une liste définie à l'avance, soit la valeur numérique d'une grandeur. Leur normalisation s'effectue donc dans deux directions, l'une terminologique, l'autre métrologique. Elle fait apparaître, auprès de l'ensemble des objets et des ensembles de leurs représentations, un autre ensemble, celui des descripteurs, sorte de « méta-fichier » qui préfigure un langage technique véritable.

Enfin, la normalisation des plans de classement peut sembler souhaitable. Mais elle se heurte à l'impossibilité théorique d'un classement universel.

La forme hiérarchique d'une nomenclature est en effet une construction artificielle. Les objets réels, qu'ils soient naturels ou industriels, sont liés par un réseau complexe de relations, de parentés, de ressemblances, d'affinités et de voisinages. Pour transformer ce réseau en arbre, il faut privilégier certaines liaisons, jugées importantes ou significatives, en supprimer d'autres, jugées négligeables, d'un certain point de vue. Chacune des partitions successives correspond à la prise en compte de caractéristiques différentes des objets. Et pour présenter en forme de liste le plan de classement, il faut encore, pour les caractéristiques non métriques, choisir entre les permutations possibles des groupes d'un même niveau. Selon les permutations choisies, les objets identifiés seront plus ou moins éloignés les uns des autres dans l'exploration séquentielle de la liste, et cette distance apparaîtra, de fait, sinon de droit, comme une mesure de leur dissemblance.

Chaque nomenclature a ainsi la linéarité d'un discours. Elle comporte une part de choix volontaire, sinon d'arbitraire, part variable d'ailleurs selon la structure propre de l'ensemble étudié. Elle est le produit de cette structure et d'un ordre, qui intervient dans la prise en compte des caractéristiques des objets et dans l'énumération des agrégats, à divers niveaux. Cet ordre découle d'un système de valeurs; il révèle une intention, un souci, la poursuite d'une fin particulière, qui déforment la collecte et la transmission de l'information en orientant l'utilisation de celle-ci vers une certaine classe de décisions.

C'est pourquoi chaque organisme, chaque entreprise, chaque service même ont tendance à élaborer leurs nomenclatures propres, selon leurs besoins d'information et de décision, et le développement spontané des nomenclatures conduit, à la fois, à leur incompatibilité mutuelle et à leur inadaptation chronique. Une fois en usage, une nomenclature présente en effet une grande inertie et conserve dans sa structure la trace de préoccupations dépassées.

Les agrégats qui apparaissent aux différents niveaux sont donc, trop souvent, bien loin d'être « naturels » pour tous les utilisateurs possibles. Or ces agrégats, bien qu'ils soient de simples « êtres de raison », deviennent à leur tour des « objets », qu'il faut nommer et décrire. Ces dénominations et ces descriptions, élaborées en même temps que la nomenclature, sont soumises à la même contingence, sont influencées par les mêmes facteurs de dispersion que la construction des agrégats. Leur rôle

devient pourtant déterminant lorsque la taille de l'ensemble à ordonner est telle que la nomenclature doit éclater en documents multiples, utilisés isolément. Le plan d'ensemble est alors tronqué. Son niveau le plus fin ne correspond plus aux objets réels, mais à certains agrégats auxquels sont consacrés des documents plus détaillés. Chaque troncature sépare ainsi, entre des supports différents, les génériques et les spécifiques des agrégats-limites. Ceux-ci risquent alors de devenir des écrans, qui masquent une part de leur contenu réel et altèrent la comparabilité d'informations issues de nomenclatures différentes.

Le projet de normalisation des classements aboutit donc à une impasse. Dans le domaine documentaire, cette difficulté a conduit d'abord aux tentatives de nomenclatures à facettes, puis à la substitution des systèmes de thésaurus aux systèmes de classification. Le recours explicite à des méthodes combinatoires permet ainsi de mieux respecter la structure réelle des objets. Mais le problème statistique de la construction et de la dénomination des agrégats reste entier.

Sa solution semble relever d'une méthode analogue: au lieu d'une classification universelle, il faut réaliser un système générateur de classement, par le jeu d'une combinatoire appliquée à une base commune. Cette base n'est autre que l'ensemble des caractéristiques nécessaires à la description des objets. Ces descripteurs, une fois identifiés et définis de manière uniforme, permettront, par leurs combinaisons, à la fois de définir les objets eux-mêmes et tous les regroupements de ces objets, aux divers niveaux de toutes les nomenclatures possibles.

La réalisation d'un tel projet exige d'importants efforts, à la fois théoriques et pratiques. Dans l'ordre théorique, les recherches en économie et en analyse de systèmes commencent seulement à tirer parti des travaux de mathématiciens tels que, en France, R. Thom, J.P. Benzecri ou C. Berge.

Ces recherches devront être poursuivies dans de multiples directions avant que soient bien connus les lois de combinaison et les algorithmes de calcul automatique nécessaires. Il faudrait, par exemple, mieux analyser la manière dont interviennent les notions d'information et de valeur dans les modèles utilisés pour prévoir le comportement des systèmes à interactions retardées. D'un autre point de vue, il serait sans doute intéressant d'approfondir les rapports entre le problème de la description résumée de structures complexes et certains problèmes classiques de la philosophie de la connaissance.

Dans l'ordre pratique, il faut assurer la normalisation des descripteurs.

5 — VERS UN LANGAGE UNIFIÉ DE LA COMMUNICATION TECHNIQUE ?

Des approches très diverses conduisent donc à reconnaître l'importance du rôle des caractéristiques techniques et la nécessité de leur normalisation. Cette

normalisation s'effectue, nous l'avons dit, selon deux voies, l'une terminologique, l'autre métrologique.

La première consiste à élaborer des définitions sur lesquelles s'accordent les professionnels intéressés. Ces définitions font intervenir des termes techniques, qu'il faut définir leur tour, pour construire, de proche en proche, un système cohérent, de structure analogue à celle d'un thésaurus. Mais l'expression reste en langage naturel : elle nécessite donc un nouvel effort de normalisation à l'échelon international, et rien ne garantit que certains des termes utilisés n'aient pas de synonymes ignorés dans d'autres domaines techniques.

La voie métrologique consiste à représenter les caractéristiques des objets par des grandeurs et à choisir les unités et les instruments de mesure de celles-ci. Cette voie est plus longue et plus difficile : beaucoup de caractéristiques sont malaisées à quantifier. En revanche, les normes obtenues sont indépendantes des langues nationales, sinon des usages. De plus, elles permettent de déceler les synonymies qu'engendre la spécialisation des métiers. Cette voie peut donc conduire à la création d'un langage technique universel.

En fait, les deux démarches sont complémentaires. Normaliser la terminologie constitue une solution approchée et empirique, nécessaire dans une première étape, et seule réalisable immédiatement dans de nombreux domaines techniques. Le développement de la métrologie, au contraire, peut seul apporter des solutions rigoureuses, « scientifiques », nécessaires à long terme, en raison de l'évolution technologique. Dès maintenant, la description de nombreux produits fait intervenir à la fois des définitions et des grandeurs. Les exigences croissantes des techniques industrielles imposent la substitution progressive de celles-ci à celles-là, le remplacement du langage « naturel » par un langage « métrique ».

Une intéressante illustration, à la fois, des difficultés à surmonter et des perspectives ouvertes est offerte par un travail récent dans le domaine des composants électroniques. Le nombre, la diversité, et l'évolution rapide de ceux-ci, ainsi que la variété et la complexité des ensembles qu'ils servent à construire, donnent une acuité particulière au problème de leur catalogage. Une maquette de banque de données, le système CEDOCO (Centrale de Documentation Composants), a été réalisée par le Centre d'Analyse et de Programmation, sous contrat de la Section d'Etudes et de Fabrications des Télécommunications de la Délégation Ministérielle pour l'Armement. Actuellement limité à certains types de condensateurs et à une centaine de modèles de transistors, ce système rassemble toutes les données nécessaires à l'identification détaillée des composants et à la description de leurs performances et de leur comportement : il contient notamment les éléments nécessaires au calcul des circuits et à la prévision de leur fiabilité. Le système CEDOCO permet l'édition automatique de multiples catalogues, la recherche en mode conversationnel de composants à partir des caractéristiques désirées, l'édition de tableaux « performances - prix » et l'utilisation directe des données pour la conception assistée par ordinateur.

Cette réalisation vaut comme expérience-pilote en matière de documentation industrielle. Mais elle paraît significative d'un point de vue plus général.

On peut d'abord interpréter les grandeurs physiques utilisées comme les dimensions d'un « espace technique » commun, où chaque composant occupe une position particulière. La distribution d'ensemble des composants peut ainsi donner lieu à une analyse morphologique à trois degrés :

- des « sous-espaces » correspondent chacun à un profil générique, à une combinaison de caractéristiques nécessaires et suffisantes pour la description d'une classe d'objets; on retrouve ainsi la forme des fiches descriptives, ou la définition d'agrégats,
- dans un même sous-espace peuvent être représentés simultanément des objets de catégories différentes, qui en occupent des régions plus ou moins éloignées : par exemple, des résistances, des conducteurs ou des isolants pourraient être définis par les coordonnées des portions d'espace qui les contiendraient, et non plus par des expressions en langage naturel,
- enfin les divers composants d'une même catégorie ont leurs points représentatifs voisins, mais distincts, au sein d'un même « nuage »; leurs positions respectives traduisent l'inégalité de leurs performances, en même temps que la variation de leurs coûts ; analysées au cours du temps, ces répartitions feraient apparaître les tendances et les limites de l'évolution technique; les tableaux « coût-performances » nécessaires en analyse de la valeur, et les courbes-enveloppes utilisées en prévision technologique ne sont que des projections planes de telles distributions.

Mais cet essai d'utilisation d'un « espace technique » se heurte à deux difficultés graves : il reste limité aux seules caractéristiques physiques de composants passifs et homogènes.

La substitution d'un langage « métrique » au langage « naturel » ne peut en effet être étendue à des catégories de caractéristiques irréductibles à la mesure de grandeurs : celles qui expriment la substance des composants, et qui se rattachent à la chimie, non à la physique. Un système complet de descriptifs doit donc être mixte, et associer les langages propres de ces deux disciplines.

D'autre part, la description des composants actifs, et à plus forte raison celle des circuits intégrés modernes font intervenir des grandeurs nouvelles. A lui seul, chaque composant de ce genre est déjà un système dont il faut décrire le comportement, les propriétés, les performances. Or les grandeurs correspondantes sont calculables, selon des lois connues, à partir des grandeurs caractéristiques des composants élémentaires : c'est la condition même de la conception assistée par ordinateur. Il faut donc que ces diverses grandeurs soient compatibles entre elles : par exemple, les caractéristiques d'un circuit doivent être définies et formulées de la même

façon, que ce circuit soit un article nouveau introduit dans la banque de données ou qu'il résulte d'un calcul effectué à l'aide de cette banque. La conception assistée par ordinateur a ainsi pour corollaire l'emploi d'un langage documentaire dont la sémantique et la syntaxe soient homogènes aux relations que le calcul implique, c'est-à-dire à l'expression des lois que la physique découvre. Ces relations sont précisément celles que doivent respecter les systèmes d'unités.

6 — LA STRUCTURE DU SAVOIR

Ces problèmes ne sont pas nouveaux. Ils furent, semble-t-il, clairement perçus par Lavoisier et l'étonnante équipe d'hommes de génie que possédait la France à la fin du XVIII^e siècle. La *Nomenclature chimique* de 1787, puis, en 1791, le *Système métrique* furent conçus comme cohérents et dérivés de la nature, et par là de vocation universelle. Ils répondaient, certes, comme les classifications de Linné, au besoin de mettre de l'ordre dans la diversité des phénomènes naturels et des actions humaines. Mais ils témoignaient aussi du souci nouveau de disposer de représentations, de signifiants réalistes, afin que les opérations abstraites conduites sur les symboles des objets aient des résultats en accord avec ceux des opérations concrètes menées sur les objets eux-mêmes, et que l'expérience se retrouve au rendez-vous de la théorie. C'est là une exigence fondamentale, « classique », pourrait-on dire, de l'esprit scientifique.

La détermination de la masse spécifique de l'eau distillée constitua la jonction des deux systèmes : d'une part celui des substances, pour l'ensemble des éléments chimiques et de leurs composés, d'autre part celui des mesures, pour l'ensemble des grandeurs physiques, dérivées des grandeurs fondamentales de longueur, de masse et de temps.

Dès ce moment apparaissait l'amorce d'une combinatoire. En chimie, la multiplicité sans ordre des noms anciens des substances fut peu à peu remplacée par des combinaisons, selon certaines règles, des termes d'une base relativement étroite. Certes les éléments furent plus nombreux que ceux de la chimie médiévale, mais ils permettaient mieux de raisonner sur les choses. Il fallut cependant un siècle pour dégager de l'expérience les lois des combinaisons et pour élaborer le langage de la chimie moderne. Puis une seconde combinatoire apparut, à un autre niveau, celui de la classification de Mendeleev, qui a fini par permettre de rendre compte de la diversité des éléments eux-mêmes par les combinaisons de deux ou trois particules fondamentales, reliant, du même coup, la chimie et la physique.

A son tour, la physique des particules cherche aujourd'hui à résoudre un problème analogue. De même, la biologie est en train de découvrir ses objets élémentaires, qui la relieraient à la chimie et la ferait parvenir à sa maturité.

Le système des mesures n'a pas cette clarté. Il révèle cependant une structure rigoureuse. Chaque grandeur physique intervient dans divers phénomènes et figure dans les modèles qui les décrivent, associée à d'autres grandeurs par des expressions mathématiques. Certaines de ces relations, les plus simples, les plus générales ou les mieux vérifiées servent à définir les grandeurs, de proche en proche, à partir des précédentes. Une sorte de généalogie relie ainsi peu à peu les grandeurs des branches les plus diverses de la physique : mécanique, électromagnétisme, optique, thermodynamique, etc., aux mesures de l'espace et du temps, et aux notions premières de la dynamique galiléenne : force, masse et accélération. Ce tissu de relations croît sans cesse en densité, en rigueur et en étendue : chaque loi nouvelle découverte empiriquement, ou construite par la théorie et vérifiée par l'expérience, sert à définir une grandeur nouvelle dérivée des précédentes, ou fait apparaître une relation supplémentaire entre les grandeurs existantes.

La réunion de ces deux systèmes, celui des substances et celui des mesures, forme la structure principale de l'ensemble des sciences. Les deux systèmes se rejoignent dans le champ expérimental de chaque discipline particulière. Une science parvient à sa maturité, et peut pleinement être dite « exacte » quand elle a su choisir l'ensemble, le plus restreint possible, « d'objets » élémentaires dont les combinaisons, selon certaines lois, rendent le plus clairement compte de la diversité des phénomènes, et quand elle a su définir ses unités de mesure, en les dérivant du système principal des grandeurs physiques.

Nous n'avons pas à discuter ici le bien-fondé, ni l'avenir de ce projet unitaire, dont l'ambition peut sembler excessive, mais qui inspire depuis deux siècles le développement scientifique et a déjà couvert d'immenses domaines. Il se pourrait d'ailleurs que l'analyse de systèmes conduise un jour à limiter le champ de validité de la dynamique de Galilée, singulièrement mal commode pour l'étude des systèmes complexes à interactions retardées, rencontrés par exemple en biologie et en sciences humaines. L'effort des scientifiques n'en tendrait pas moins à rassembler la totalité des sciences et des techniques en un ensemble d'un seul tenant.

Pour notre souci actuel, il suffit de souligner que la structure que nous venons d'évoquer fait apparaître une topologie du savoir dont l'étude devrait remplacer la recherche vaine d'une classification des sciences. Parmi les disciplines, les unes se relient par des relations nombreuses et cohérentes au noyau fortement unifié de la physique moderne, d'autres ne s'y rattachent que par des liens rares et mal connus, certaines enfin restent empiriques ou développent leurs théories propres de façon à peu près autonome.

Il en va de même des techniques. Mais l'inégalité de la rigueur et le morcellement des domaines y sont beaucoup plus grands. Ils se révèlent dans les grandeurs de mesure utilisées. La physique permet d'expliquer et de calculer les caractéristiques d'un semi-conducteur, tandis que la

dureté d'un métal, l'élasticité d'une fibre ou la résistance d'un béton restent encore mal expliquées, en théorie, et mesurées, en pratique, par des grandeurs empiriques, extérieures aux systèmes d'unités.

Certaines industries, telles que l'électronique ou la chimie, bénéficient de sciences appliquées rigoureuses. Les progrès techniques y sont rapides et intenses. Les relations y sont étroites entre recherche et production, à la fois par les contacts entre chercheurs et techniciens et par l'existence d'un langage strictement défini; le fait que ces industries fournissent à la recherche scientifique ses principaux instruments n'y est sans doute pas étranger, grâce aux occasions de travailler ensemble. Enfin, c'est dans leurs domaines que les systèmes documentaires donnent lieu aux réalisations les plus avancées et aux projets les plus ambitieux, comme, par exemple, la maquette CEDOCO et le système DARC*.

D'autres industries, au contraire, comme celle du bâtiment ou de l'agriculture, sont restées empiriques. Les progrès techniques y sont lents et irréguliers. Les contacts entre elles et la recherche sont rares et difficiles. S'il leur arrive de se rencontrer, chercheurs et praticiens ne parlent pas le même langage. Les efforts des uns, même s'ils répondent aux besoins des autres, ne leur profitent guère. Les systèmes documentaires, en effet, sont encore vétustés ou embryonnaires, à peu d'exceptions près.

Ces multiples contrastes sont liés. La « topologie des sciences », celle des techniques et celle du transfert technologique ne sont que trois vues différentes d'une structure unique, dont le système des grandeurs de mesure constitue une part essentielle. De multiples isomorphismes apparaîtraient sans doute entre ce système et d'autres structures : le graphe détaillé issu d'un index de citations, la composition d'équipes pluridisciplinaires et leurs axes de recherche, la nature et l'origine des instruments équipant les laboratoires ou des appareils de contrôle équipant les usines, l'origine et le contenu des brevets, les échanges d'information d'un centre documentaire, etc.

Mettre en évidence cette structure, à la fois dans ses grandes lignes et dans ses détails, est le seul moyen d'analyser méthodiquement l'interaction des disciplines et des techniques, d'en prévoir les directions et les chances de développement, d'en déceler les singularités ou les lacunes. On ne pourra véritablement entreprendre ni prévision technologique, ni heuristique appliquée sans une connaissance suffisante de cette « carte du savoir », et des voies qui conduisent, ou pourraient conduire, d'une recherche en cours aux techniques dérivées d'elle ou de recherches à définir vers la technique souhaitée.

Or l'instrument qui permettrait de tracer cette « carte » est constitué par l'appareil même de la documentation

scientifique et technique. Analyser, par exemple, les flux de questions et de réponses dans un système documentaire n'est pas une simple besogne de bonne gestion : c'est une tâche expérimentale, véritablement « scientifique », nécessaire pour observer, expliquer, prévoir et orienter le développement technique.

La structure interne des systèmes d'unités intervient à la fois comme partie intégrante de systèmes documentaires avancés et comme objet d'étude dans la recherche sur la recherche. Cette rencontre tient à la condition de « réalisme » assignée aux descripteurs : fournir non seulement des repères documentaires, mais aussi les opérands du calcul technique. Cette exigence conduit à construire un langage documentaire au niveau du langage scientifique lui-même.

Un tel objectif peut sembler trop ambitieux. Il devrait pourtant être accessible : exemplaire à cet égard, le système DARC permet déjà le traitement direct en ordinateur des formules développées de la chimie. Et il a suffi de peu d'années d'évolution de l'informatique pour que les langages de programmation utilisés en calcul scientifique se rapprochent de l'écriture des mathématiques autant que le permettent les claviers et les imprimantes des machines.

Les avantages d'un tel langage seraient l'universalité et l'invariance des descripteurs. Les grandeurs, les concepts et les lois physiques ont d'abord le mérite d'exister, d'être déjà familiers aux scientifiques, et, par leur rigueur et leur cohérence, d'être à la fois interdisciplinaires et internationaux. Ensuite, l'évolution des sciences laisse inchangée, pour l'essentiel, la structure des relations entre les grandeurs, se contentant de l'étendre, et la vie moyenne des unités de mesure est beaucoup plus longue que celle des objets, de même qu'un alphabet est un invariant auprès des mots qu'il sert à écrire. Enfin, au-delà d'un certain seuil, le nombre de descripteurs est bien plus réduit, et croît beaucoup moins vite que celui des objets eux-mêmes.

Les difficultés, il est vrai, sont multiples. Les unes sont d'ordre matériel : on peut redouter l'ampleur et la complexité d'un tel système, et le coût de sa réalisation. Pourtant des systèmes aussi complexes se rencontrent en calcul scientifique, par exemple en physique nucléaire, et des banques de données plus vastes sont déjà en projet en matière administrative. D'ailleurs le but à atteindre est de rendre logiquement cohérents et matériellement compatibles des systèmes décentralisés. Le coût lui-même paraîtrait sans doute modeste, comparé à l'enjeu, qui est le rendement de l'ensemble des dépenses de recherche et de développement. Personne ne sait, par exemple, ce que coûte à l'industrie le problème du catalogage, et encore moins ce qu'il lui fait perdre.

D'autres difficultés tiennent à une raison plus profonde : l'état, déjà évoqué, des relations entre les sciences et les techniques. Une fraction seulement des caractéristiques techniques, nécessaires à la description des objets, dérive du système des grandeurs de mesure, soit que les grandeurs nécessaires n'existent pas encore ou restent empiriques, soit que leur usage demeure seulement

* Voir : D. GOLDWASER et J.C FONTAINE. — « Système DARC : Acquisition conversationnelle des graphes au moyen de la tablette graphique STRAND », *Automatisme*, Tome XVII, n° 6/7, juin-juillet 1972, pp. 229 à 234.

scientifique et n'ait pas pénétré le milieu industriel. Mais ces faits mêmes montrent combien les progrès des systèmes documentaires sont liés à ceux des systèmes de mesures.

Ces liens entre la métrologie et l'information scientifique et technique pourraient donner lieu à trois types de recherches :

- un essai d'analyse de la structure du savoir à partir des relations entre les grandeurs de mesure, comme à partir d'autres sources d'observation. Les isomorphismes évoqués précédemment, s'ils se vérifiaient, fourniraient sans doute d'utiles indications pour la mise en place des divers sous-réseaux qui devront s'assembler dans quelques années en un réseau national de documentation scientifique et technique, et qui devront aussi se raccorder aux systèmes de catalogage industriel et de documentation économique et sociale,
- l'étude approfondie d'un futur langage unifié de la communication technique, et notamment de sa syntaxe, à partir des expériences réalisées dans des industries telles que l'électronique, où un tel langage semble, nous l'avons dit, près d'être réalisé. La généralisation des résultats obtenus ne pourrait être que très progressive, et devrait suivre les progrès des sciences appliquées, remplaçant peu à peu les descripteurs actuels. Le système des structures chimiques conserverait bien entendu un rôle essentiel, étant complémentaire du système des grandeurs physiques,
- de multiples actions pratiques, étroitement localisées, devraient être le corollaire de cette recherche théorique. Elles consisteraient à vérifier ou rétablir l'unité de langage entre les disciplines et les techniques, au niveau le plus détaillé. Ce travail assez ingrat, mais dès maintenant réalisable à titre expérimental devrait se faire de proche en proche, selon la même méthode que les actions de normalisation, dont il serait d'ailleurs le complément logique. En partant, par exemple, de descriptifs d'articles industriels, et en associant à l'examen des caractéristiques utilisées, d'une part, des ingénieurs connaissant les techniques de production correspondantes, et, d'autre part, des chercheurs connaissant les disciplines scientifiques situées en amont de ces techniques, on obtiendrait un système homogène de description le long de l'une des voies empruntées par le transfert technologique.

La multiplication d'actions de ce genre permettrait, de plus, de centraliser et d'harmoniser peu à peu des données qui existent, mais sont dispersées et disjointes, et de fournir ainsi une base expérimentale aux recherches d'économie industrielle.

7 — CONCLUSION

Reconnaître la nécessité d'un langage unifié de la communication technique à propos de l'innovation industrielle revient à mettre en évidence une distorsion du développement, qui n'a pas encore su créer son propre langage.

Depuis des millénaires, tandis que s'inventait l'écriture, la transmission des tours de main et des secrets de fabrication se faisait dans l'atelier, du maître à l'apprenti, par la parole et surtout par le geste. Il pouvait en être ainsi tant que les techniques restaient peu nombreuses et séparées les unes des autres, et ne changeaient guère au cours d'une génération.

Il n'en va plus de même : la multiplication des produits, l'interdépendance des techniques et la rapidité des changements font de la transmission des connaissances un goulot d'étranglement. Plus qu'un mythe ancien, Babel est un danger actuel. L'éloignement des personnes et la diversification des langages, conséquences inévitables de la croissance globale, rendent la communication technique de plus en plus difficile et aléatoire. Les conséquences n'en seront sans doute pas un ralentissement général du développement, mais plutôt une série de freinages locaux, générateurs, entre secteurs ou entre nations, de distorsions aussi graves que celles provoquées par la première révolution industrielle. Certains pays, ou certaines industries peuvent prendre une avance imprévue, par la découverte et la maîtrise d'une « technique du transfert technologique », tandis que d'autres ne pourront même pas suivre leur exemple.

De multiples forces agissent dans ce sens. La nécessité de moyens nouveaux de communication du savoir n'est qu'un aspect de l'actuelle mutation de la recherche. L'apparition de la « mégascience » contemporaine marque une coupure dans l'histoire de l'humanité. La science est née de l'effort de l'homme pour comprendre et dominer une nature hostile. Il y a réussi en partie : les forces qu'il contrôle commencent d'atteindre l'ordre de grandeur de celles qu'il subit. Mais de ce fait, tout change : la nature était un invariant, à l'échelle du temps humain, et la découverte pouvait être lente et dispersée. Il n'en est plus ainsi : l'homme doit comprendre et maîtriser la « seconde nature » qu'il fait apparaître, et découvrir presque à la fois les énoncés et les solutions de problèmes désormais variables, ceux que pose sa propre action.

L'objet de la recherche devient ainsi, de plus en plus, la science elle-même. A « l'activisme naïf », qui anima jusqu'ici l'effort scientifique, doit succéder une recherche réfléchie et voulue, prenant conscience des effets et des limites de ses méthodes et de ses pouvoirs.

De nouvelles disciplines et de nouvelles techniques vont donc apparaître ou se développer très vite; il importe de s'y préparer. Prévision technologique et recherche heuristique, notamment, feront sans doute partie d'une « épistémologie appliquée », d'une importance comparable à celle de l'électronique ou de l'informatique dans la recherche actuelle. Science à part entière, elle exigera des chercheurs et des laboratoires. Son champ d'observation sera le contenu et les voies de l'information scientifique, domaine des systèmes documentaires. Ses méthodes devront associer, entre autres disciplines, l'analyse structurale du savoir, que révèle pour une part la métrologie, et la théorie des choix, qui relève de l'économie.

BIBLIOGRAPHE

- AFNOR. — *La normalisation dans l'entreprise*, éd. AFNOR, Paris, 1968.
- Y. BAREL. — « Prospective et analyse de systèmes », in Travaux et recherches de prospective. DATAR. *Documentation Française*, Paris, février 1971.
- J. BAUDRILLARD. — *Le système des objets*, éd. Gallimard, Paris, 1968.
- Ingénieur de l'Armement COCHAIN. — « La centrale CEDOCO », exposé présenté aux journées d'études sur la fiabilité, Lannion, septembre 1971.
- F. DAGOGNET, — *Tableaux et langages de la chimie*, éd. du Seuil, Paris, 1969.
- J.E. DUBOIS, J.C. BONNET, D. LAURENT et H. VIELIARO, — « Formalisation du code DARC », *note scientifique n° 2*, IRIA, février 1971.
- J.C. GARDIN, R.C. CROS et F. LEVY. — *L'automatisation des recherches documentaires. Un modèle général : le SYNTOL*. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1964.
- E. de GROLIER. *Etude sur les catégories générales applicables aux classifications et codifications documentaires*, Unesco. Paris, 1962,
- B. GUIBERT, J. LAGANIER et M. VOLLE. — « Essai sur les nomenclatures industrielles », in *Economie et Statistique*, n° 20, INSEE, Paris, février 1971.
- A. KAUFMANN. — *Introduction à la combinatoire*, Ed. Dunod, Paris, 1968.
- I.C. LERMAN, — *Les bases de la classification automatique*. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1970.
- A. MOLES. — *La création scientifique*. Ed. Kister, Genève, 1957.

Fermer cette fenêtre pour revenir au Sommaire
