

## L'automatisation : des connaissances plus abstraites ?

par Jacques Merchiers

*Le passage de la production traditionnelle à la production automatisée se traduit par des procédures plus complexes. D'après l'auteur, il ne s'identifie pourtant pas à une abstraction accrue des connaissances mises en œuvre par les opérateurs. Les organisations japonaises surmontent la difficulté grâce à une répartition plus équilibrée des connaissances techniques et procédurales entre les différentes catégories professionnelles. L'efficacité reposerait donc plus sur la capacité de diffusion des connaissances techniques dans l'organisation que sur la transformation de ces connaissances.*

La notion de connaissance est peu interrogée en analyse du travail<sup>1</sup> mais elle est souvent utilisée en association avec les notions d'abstraction et de technicité. On oppose ainsi les savoir-faire pratiques, qui naissent de l'expérience, aux connaissances que l'on qualifie de formalisées, théoriques, ou abstraites. La manière de présenter et de documenter cette opposition ainsi que les attitudes normatives qui en résultent ont d'importantes conséquences sur l'orientation du système éducatif puisque ce qui est formalisé, théorique et abstrait semble plus facilement enseignable mais également excessivement valorisé.

Par ailleurs, la notion de connaissance est appliquée de manière privilégiée aux objets techniques. L'analyse du travail passe nécessairement par une multiplicité de descriptions des processus de travail menées de façon à attein-

dre les divers objectifs théoriques et pratiques de ceux qui analysent le travail. Ces descriptions ne concernent que la partie visible des processus de travail mais elles ne deviennent compréhensibles qu'en utilisant des ressources explicatives qui ne proviennent pas de l'observation. C'est en particulier le cas lorsqu'on étudie des activités de production qui s'appuient sur des techniques constituées de fabrication et de gestion. La connaissance de ces techniques par l'observateur et le lecteur fournit les ressources cognitives qui assurent la cohérence et l'intelligibilité des processus de travail observés<sup>2</sup>. Elle constitue également une ressource que l'on attribue volontiers aux acteurs en privilégiant ainsi la dimension technique des connaissances qu'on estime qu'ils possèdent.

Cet article se propose d'établir que ces propriétés d'abstraction et de technicité ne permettent pas de décrire de façon satisfaisante la connaissance utilisée dans la production auto-

Les noms d'auteurs entre parenthèses renvoient à la bibliographie en fin d'article.

<sup>1</sup> Ainsi dans la dernière recension en matière d'analyse du travail (*Les analyses du travail : enjeux et formes*, Collection des études, n° 54, CERÉQ, mars 1990), le terme connaissance ne figure pas dans l'index alors que les occurrences des termes de compétence et de formation sont parmi les plus nombreuses.

<sup>2</sup> A l'inverse, l'ethnologue observant un rituel ne dispose pas a priori de telles ressources même s'il peut décrire le rituel en termes comportementaux et strictement physiques. Le sens des opérations rituelles et visibles n'est pas déductible de leur description.

matérialisée. Tout d'abord, l'opposition entre connaissance abstraite et savoir-faire concret ne rend pas compte de l'évolution des connaissances lorsqu'on passe de la production traditionnelle à la production automatisée. L'examen de l'usinage sur machine-outil permet ensuite de montrer que les connaissances techniques requises par la commande numérique ne sont pas d'une nature différente des connaissances techniques habituelles. Les difficultés rencontrées lors de l'introduction de ce type de machine proviennent surtout d'un mode de distribution des connaissances particulier et les recherches comparatives France-Japon que cet article mentionne indiquent qu'on ne retrouve pas ce mode de distribution au Japon. On ne peut, dès lors, exclure l'existence, à côté de connaissances techniques, de connaissances d'une autre nature, susceptibles de fonder les compétences observées dans les systèmes de production automatisés.

### **AUTOMATISATION, INFORMATION ET CONNAISSANCE DES MACHINES**

Dans les études sur l'automatisation, l'abstraction croissante du processus de production et du type de connaissance qui lui est associé est l'un des thèmes récurrents de l'analyse du travail. La distinction entre l'abstrait et le concret est souvent présentée comme une distinction entre le réel et sa représentation. Antérieurement à l'automatisation, le travailleur avait directement accès au concret, à l'objet travaillé, et entretenait un rapport immédiat aux outils. Avec l'automatisation, l'objet comme l'outil ne sont plus directement en prise avec le travailleur qui n'a affaire qu'à des représentations, nécessairement abstraites, de ces objets et outils. En ce sens, la séparation du réel et de sa représentation serait un effet de la technicisation du monde contemporain.

Les travaux des années 50 sur l'automatisation dans la sidérurgie font appel à de telles analyses<sup>3</sup>. On décelait déjà dans ce secteur une tendance à l'abstraction croissante des signaux qui transformait profondément le travail des ouvriers de métier en les soumettant davantage aux consignes et prescriptions des bureaux d'études tout en accroissant le volume d'informations de plus en plus techniques et formalisées qui leur était destiné.

3 Cf. pour la France, les études CECA sur la sidérurgie (Durand, Prestat, Willener, 1958) — ainsi que sur le changement technique (Dofny et alii, 1957), (Durand, 1959).

La notion d'intégration fonctionnelle qui domine les travaux sur l'automatisation de la période 1975-1985<sup>4</sup> conduit à opposer les connaissances nécessaires à la coordination des fonctions aux connaissances qu'on pourrait qualifier de spécialisées et qui sont relatives aux opérations matérielles à effectuer en production. Les connaissances du premier type fonctionnent « sur le mode algorithmique » et empruntent la forme logique du traitement de l'information alors que celles du second type sont de l'ordre du savoir-faire issu de (ou coextensif) à la pratique et il leur manque la dimension de la formalisation. Au fur et à mesure du développement de l'intégration fonctionnelle, les connaissances nécessaires au fonctionnement du processus de production deviennent des connaissances du premier type et les connaissances du second type disparaissent.

Quelles que soient les caractéristiques de ce mouvement d'automatisation — et, en particulier, les modalités de cette intégration fonctionnelle qui revêt des formes multiples, comme en témoignent de nombreuses investigations empiriques —, la description de ces aspects cognitifs reste problématique. Il est en effet important de remarquer que la distinction de la connaissance « algorithmique » et du savoir-faire, loin de recouper la distinction de l'abstrait et du concret, ne repose que sur le degré de formalisation des connaissances. Les connaissances utilisées en production ont en commun d'être constituées de procédures qui, lorsqu'on les applique à leur objet (produit, outil ou logiciel) donnent des résultats certains et prédéterminés puisque, par hypothèse, elles sont vraies. Un savoir-faire qui serait composé de croyances fausses ou aléatoires ne donnerait pas les résultats voulus et on ne le qualifierait pas de savoir-faire mais de magie. Il s'agit bien dans les deux cas de connaissances ne portant pas nécessairement sur les mêmes objets mais surtout différemment formalisées et ayant par conséquent des propriétés différentes sur le plan de la transmission et de l'apprentissage. L'exemple des activités de maintenance que l'on place de plus en plus au centre de la production automatisée permet de préciser ces différences de formalisation des connaissances.

Les études sur la maintenance industrielle (Denis, 1986) montrent que le développement de l'informatique industrielle permet désormais l'utilisation de dispositifs de signalisation des pannes, d'autocontrôle, d'aide au diagnostic et

4 Cf. *Travail et emploi dans la métallurgie*, document de travail n°57, CEREC, juin 1990.

au dépannage. Cette évolution est décrite comme le passage d'une activité relativement empirique de dépannage à une activité d'élaboration et de traitement de l'information. Il ne semble pas cependant que l'on puisse assimiler cette évolution à la transformation d'un savoir concret en connaissance abstraite. Le changement ne porte pas sur la nature des connaissances nécessaires au dépannage mais sur le fait de décrire la cause et d'enregistrer cette description dans le système informatisé. Ceci permet de développer des analyses statistiques qui fournissent des hypothèses de diagnostic avec une certaine probabilité en indiquant que si telle ou telle défaillance se produit, il faut vérifier tel ou tel composant. Ces systèmes fournissent aussi une image simplifiée de l'équipement ou une représentation symbolique de l'automatisme permettant de comprendre les raisons de la défaillance. Toutefois, cette compréhension est d'autant plus limitée que l'équipement est complexe et lorsque cette complexité croît, le dépannage doit souvent être réalisé sans que l'on puisse connaître exactement la cause qui a produit la défaillance. L'analyse de système montre en effet que comprendre une panne ce n'est pas la décrire entièrement mais établir un système hypothétique de relations de causalité entre un certain nombre de faits connus<sup>5</sup>. Ce n'est pas toujours possible, beaucoup de pannes restent inexplicables et l'enchaînement des facteurs causaux repose sur une reconstitution des faits généralement incomplète et faisant une large part aux expressions nécessairement imprécises du langage naturel (Merchiers, 1988). De plus, faute de pouvoir utiliser pratiquement les connaissances scientifiques nécessaires dans le cas d'objets techniques complexes, les concepteurs de systèmes experts de diagnostic de pannes font parfois appel aux « connaissances de surface » des dépanneurs qui associent des symptômes significatifs à des causes de panne reconnues comme régulières (Vidcoq et alii, 1987). Le caractère organisé et méthodique des relations entre ces connaissances s'accroît donc sans que soit modifiée leur nature respective qui ne dérive pas directement de l'application de connaissances théoriques et abstraites.

### CONNAISSANCE ABSTRAITE ET COMMANDE NUMÉRIQUE

L'exemple de la commande numérique est particulièrement intéressant parce qu'il concerne

une activité, l'usinage, où la connaissance technique était la plus développée et sur laquelle, par conséquent, l'automatisation a pu s'appuyer. L'introduction de l'informatique a conduit à créer de nouveaux langages de programmation adaptés à la commande numérique qui opèrent une sorte de fusion des connaissances mécaniques et des procédures informatiques. Il en est de même dans le domaine des études avec la création de logiciels de dessin et de conception en deux ou trois dimensions. Ce ne sont cependant pas les aspects techniques de ces connaissances qui sont analysés ici mais les distinctions plus générales que l'analyse du travail a produites et qui opposent l'abstraction de la connaissance productive actuelle au caractère plus « concret » des connaissances utilisées antérieurement à l'automatisation.

### L'ÉVOLUTION DES COMPÉTENCES EN USINAGE

Les controverses sur l'évolution de la qualification de l'opérateur résultant de l'introduction de la commande numérique constituent depuis longtemps le cœur des études consacrées à l'automatisation du travail d'usinage. L'importance que l'on attache à cette évolution est sans doute liée au caractère exemplaire de cette activité longtemps considérée comme le prototype du travail qualifié. Les jugements portés sur l'évolution de la qualification de l'opérateur font appel à deux modes d'argumentation. Le premier est fondé sur le constat de la modification des activités des opérateurs et s'appuie sur des descriptions de ces activités. Le second tente de déceler la modification de la compétence grâce à une analyse portant sur les conditions cognitives ou informationnelles de l'activité. Le premier mode d'argumentation est largement employé dans les études sur l'évolution de l'organisation du travail<sup>6</sup> mais le second, bien qu'esquissé dans de nombreuses études, fait rarement l'objet de développements spécifiques et se réduit au constat d'une plus grande abstraction du travail des opérateurs sur commande numérique et des compétences qu'il requiert.

L'opposition entre ce qui est concret et ce qui est abstrait est souvent présentée comme l'opposition entre ce qui est évident parce que visible, matériel et immédiatement compréhensible, et ce qui est « distancié », formalisé, codé, exigeant donc pour être compris, des connaissances, une réflexion, des raisonnements que

<sup>5</sup> Selon l'expression de M. Chesnais, *Les analyses du travail*, op. cit.

<sup>6</sup> Cf. *Travail et emploi dans la métallurgie*, op. cit.

l'on qualifie d'abstrait. L'évolution du travail d'usinage par enlèvement de métal sous l'effet de la diffusion de la commande numérique est alors décrite comme l'effet d'un passage du concret à l'abstrait, du physique au mental.

Ainsi, des auteurs comme Adler et Borys (1988) contestent la thèse de la déqualification de l'opérateur sur machine à commande numérique au moyen de divers arguments dont l'un consiste à réévaluer les trois composantes de son activité : responsabilité plus importante en raison du coût et de la fragilité de la machine et du produit, interdépendance croissante de son activité avec les autres opérateurs, les programmeurs et les méthodes, et enfin, caractère abstrait des compétences requises par la commande numérique. Les tâches de l'opérateur se déplacent vers la surveillance de l'usinage et la gestion des interdépendances et requièrent par conséquent une nouvelle compétence basée sur « *la compréhension abstraite du processus d'usinage et la capacité à coopérer avec les autres travailleurs* » (art. cit., p. 21). Ce type de compétence s'oppose à la compétence traditionnelle à base de « *dextérité manuelle* » et consistant « *en réflexes physiques fondés sur l'expérience et acquis pendant l'apprentissage* » (art. cit., p. 17). Le changement peut alors être défini comme le remplacement de « *l'expertise manuelle* » par « *l'expertise conceptuelle* » du fait de l'augmentation du caractère abstrait du travail (art. cit., p. 18). Mais les auteurs indiquent également que la commande numérique augmente la complexité des tâches en présentant la programmation comme plus complexe que la lecture des « *bleus* » faisant appel au dessin technique. Ce genre de détail jette le doute sur les analyses précédentes qui traçaient une frontière nette entre le manuel et le conceptuel et situaient l'abstraction du seul côté de la commande numérique. Il semble donc nécessaire de décrire de façon plus précise le type de connaissances utilisé par les opérateurs avant et après l'introduction de la commande numérique.

L'étude de Jeantet et Tiger (1985) oppose un état antérieur à l'introduction de la commande numérique en usinage dans lequel « *l'opérateur d'une machine-outil traditionnelle entretient un rapport physique immédiat avec celle-ci* » à la situation dans laquelle le rapport avec des machines à commande numérique de type CNC (à calculateur intégré) passe par une formalisation abstraite qui exige une logique, un « *travail mental* », selon l'expression d'un opérateur interviewé (art. cit., p. 13). Dans l'atelier traditionnel, les opérateurs possédaient une connais-

sance intime de l'outil, de la matière et de leurs rapports. Ils manipulaient les manivelles en effectuant des gestes qui engageaient « *la totalité concrète du corps sensoriellement et musculairement intelligent* » (ibid). Vis-à-vis des CNC, au contraire, les opérateurs se trouvent dans une situation de « *totale extranéité* » (ibid, p. 12). Le matériel sur lequel repose cette interprétation consiste en extraits d'entretiens dans lesquels les opérateurs soutiennent qu'avec l'introduction de la commande numérique, « *ce n'est plus le même métier.* » Il est cependant possible d'en donner une autre interprétation<sup>7</sup> qui engage une conception moins dualiste de la connaissance et de son utilisation dans le travail.

Lorsque les opérateurs décrivent leurs activités d'usinage avant l'introduction de la commande numérique, ils utilisent un grand nombre de connaissances spécialisées exprimables au moyen du lexique spécifique de l'usinage mécanique : « *C'était des plaques de tôle de deux dixièmes et il y en avait cent-soixante à usiner. Elles étaient par jeux de deux et au fraisage, on avait à faire sur une plaque un chanfrein et sur les deux on devait faire deux portées perpendiculaires. La gamme prévoyait de les prendre par paquet de deux plaques et sur la table, avec un bridage sur la table, de travailler en roulant, c'est-à-dire que l'outil se promenait, il roulait sur le bord de la pièce pour usiner les faces perpendiculaires (...)* Moi, j'ai pris les pièces autrement. Je les ai prises par paquets de dix, en étau, avec un tourteau au lieu d'une fraise. J'ai mis les plaques debout et j'ai usiné un champ sur toutes les plaques. Ensuite, j'ai continué en mettant les plaques en étau, je les ai mises à plat, j'ai tourné mon étau et j'ai monté un outil dans la broche, un outil à l'horizontale. Et j'ai travaillé le deuxième champ. Ça fait que je suis sorti perpendiculairement et prenant dix plaques à la fois. Et sur une commande de cinquante heures, j'ai gagné trente heures (...) Alors que si j'avais suivi la gamme, j'aurais perdu mon temps. Parce que je ne prenais que deux pièces à la fois, les pièces elles bougeaient ; bon, risque de bris de fraise, autre accident et tout ça (...) Si vous voulez la gamme n'était pas adaptée (...) enfin, moi je l'ai vu comme n'étant pas adaptée et j'ai pris les pièces autrement » (ibid, p. 7). Ce bref extrait nous permettra de mettre en lumière quelques propriétés des connaissances utilisées.

<sup>7</sup> C'est en effet l'un des intérêts de cette recherche que de procurer, en même temps qu'une interprétation, le matériel qui la fonde, ici sous la forme d'extraits d'interviews qui peuvent être ainsi retravaillés.

Ces connaissances portent sur le détail d'un procédé d'usinage, et la capacité à reconnaître et à nommer une multitude de détails est le propre de l'expert car la plupart de ces détails ne peuvent être vus par le non-expert ne disposant pas de ces connaissances spécialisées<sup>8</sup>. Mais n'importe quel objet, projet ou événement peut être décrit d'une multitude de façons. L'opérateur, en sélectionnant pour les buts pratiques qu'il se propose des traits pertinents parmi d'autres de la gamme et du dessin coté qu'on lui fournit et en anticipant les résultats, se livre à une activité d'abstraction, selon la définition traditionnelle de l'abstraction qui consiste à séparer une propriété d'un objet sensible (ou à considérer une représentation isolément des représentations où elle est donnée, selon le dictionnaire Robert). En modifiant la gamme, il fournit au problème qu'il formule une solution qui n'est pas compréhensible par les non-experts ne possédant pas ses connaissances de mécanique ou de dessin technique mais qui doit apparaître sans doute clairement aux techniciens de méthode. La différence entre fabrication et méthode ne réside pas ici dans la plus ou moins grande abstraction des connaissances mises en œuvre et l'explication de cette différence par l'existence chez l'opérateur d'un savoir-faire acquis par expérience ne permet guère d'avancer dans l'élucidation de la nature des connaissances réellement utilisées qui composent ce savoir-faire.

L'opérateur fait intervenir en outre des critères supplémentaires dans la recherche d'une solution puisqu'il s'agit pour lui de gagner du temps en modifiant la gamme. Là encore, la différence entre méthodes et atelier est difficile à établir puisque, d'une certaine manière, l'opérateur rejoint la logique du service des méthodes présentée par les auteurs comme une logique de gestionnaire cherchant à minimiser les coûts (ibid, p. 7). On peut alors se demander pour quelle raison l'intention du service des méthodes de réduire les coûts ne peut être réalisée. Est-ce en raison de l'absence de certaines informations possédées au contraire par l'opérateur ? ou bien l'opérateur posséderait-il

<sup>8</sup> La controverse sur la nature du fonctionnement cognitif de l'expert qui oppose les partisans de l'intuition holistique à ceux du calcul sur éléments prédéfinis n'est pas traitée ici (cf. à ce sujet Merchiers et Pharo, 1989, op. cit.). Il serait sans doute intéressant d'examiner l'analogie entre l'opposition de l'intuition et du calcul que l'on trouve dans les sciences cognitives et celle de l'instinct et de l'abstraction, formulée par les auteurs précédents. Dans le cas décrit ici de l'invention d'une nouvelle gamme par l'opérateur, il semble que les éléments prédéfinis jouent un grand rôle sans que l'on puisse pour autant négliger l'explication d'une saisie plus holistique du problème par l'opérateur tenant compte d'informations particulières que ne posséderaient pas les techniciens des méthodes.

des compétences particulières lui permettant de formuler différemment le problème en utilisant peut-être des informations ou des connaissances non techniques ? Certaines compétences s'appuieraient ainsi sur des connaissances techniques (au sens de la technique d'usinage) et d'autres sur d'autres types de connaissances mais il n'est pas possible ici d'approfondir cette question qui impliquerait de réexaminer les relations entre connaissances et compétences.

L'évolution des rapports entre fabrication et méthodes en mécanique possède une longue histoire qui ne débute pas avec l'introduction de la commande numérique. Selon l'historien américain Ferguson (Ferguson, 1985), au XIXe siècle, lorsque les dessins n'étaient pas encore utilisés dans les ateliers, le concepteur de machines décrivait son idée à un ouvrier qui, grâce à son expérience et son savoir-faire, était en mesure de définir les pièces nécessaires et la manière de les fabriquer puis de les assembler. L'introduction du dessin technique dans le courant du XIXe siècle et sa première utilisation massive en 1908 aux usines Ford permet de faire passer progressivement le pouvoir de décision de l'atelier au bureau d'études puisque les concepteurs pouvaient désormais exiger des ouvriers et artisans qu'ils suivent strictement leurs plans. Dans quelle mesure ce processus se répète-il avec l'introduction de la commande numérique ?

## COMMANDE NUMÉRIQUE ET DESSIN TECHNIQUE

On estime souvent que les machines à commande numérique se distinguent radicalement des anciennes machines en raison de leur système de commande qui introduirait une distance entre l'opérateur et la machine. Cette distance est identifiée à la distance du geste à l'écrit (art. cit., p. 13) parce que l'opérateur faisait corps avec les machines traditionnelles alors qu'il doit passer par des instructions alphanumériques tapées sur un clavier pour commander les machines à commande numérique, comme leur nom le laisse supposer. L'exemple précédent nous a montré que l'opérateur sur machine traditionnelle décrivait la situation à laquelle il était confronté au moyen d'un vocabulaire empruntant ses expressions les plus significatives au langage de la mécanique et ses représentations spatiales à celui du dessin technique. Or, le dessin technique est une technique d'abstraction qui ne décrit que certaines particularités de l'objet réel ou virtuel (Chabal, 1985) et, dans cette mesure, on pouvait l'oppo-

ser au savoir-faire des ouvriers et artisans du XIXe siècle qui ne s'appuyait pas sur une codification aussi précise et intangible. Mais il semble étrange d'opposer l'activité d'usinage s'appuyant sur le dessin technique à celle qui s'appuie sur des langages de commande numérique car ces deux modes de représentation sont également constitués de procédures, normes du dessin technique ou instructions de programmation. Dès lors, la commande numérique ne provoque pas tant une rupture dans les modalités d'exercice du métier<sup>9</sup> qu'elle n'exige plutôt la connaissance de procédures différentes, les langages de programmation, qu'il faut apprendre car il est dans la nature des procédures de ne pas être le produit nécessaire de l'expérience sensible mais l'un des produits possibles comme en témoigne la multiplicité des manières de compter<sup>10</sup>. La commande numérique fait ainsi appel à de nombreuses procédures, de calcul ou de repérage spatial, comme le montre l'exemple des corrections de trajectoire d'outil : *« Au niveau de la correction à faire, sur CNC, c'est plus de la réflexion. Je vais m'expliquer : par exemple, en fonction de la variation qu'on a sur une pièce avec un outil, s'il faut donc établir une correction, c'est une question de logique pour corriger dans un sens ou dans un autre, une question de logique par rapport aux mouvements des axes : quand on a saisi le sens des déplacements par rapport à un point dans l'espace de la machine, quand on a compris qu'à gauche du point c'est moins, à droite du point c'est plus, à partir du moment où on a compris ça c'est purement logique (...) C'est plus logique, c'est plus arithmétique : en général, cela se résout par des calculs et une fois qu'on a obtenu les calculs on fait les corrections justement en fonction des origines de la machine ou, comme je vous expliquais, des points de référence. C'est plus un travail mental »* (Jeantet et Tiger, art. cit., p. 14).

La mise en évidence des rapprochements entre le dessin technique et la commande numérique sur le plan cognitif n'explique cependant pas les difficultés réelles qu'ont souvent rencontrées les opérateurs professionnels lors de l'introduction de commande numérique et, plus généralement, lors de l'introduction de systèmes infor-

matés en production. Ces difficultés tiennent sans doute à des propriétés des langages informatiques mais dans quelle mesure peut-on considérer qu'elles proviennent d'une trop grande abstraction de ces langages ? La façon dont les informaticiens traitent la question de l'abstraction fournit quelques éléments de réponse.

## ABSTRACTION DES LANGAGES INFORMATIQUES

En informatique, rentrer du code, écrire du code ou générer du code signifie traduire des connaissances ou des procédures d'action dans un langage de programmation quelconque. Ce genre de traduction ne souffre aucune ambiguïté, à quelque niveau que l'on se situe, depuis celui du langage-machine en binaire jusqu'aux langages évolués comme ADA ou les langages-objets. La différence entre ces niveaux provient du degré d'abstraction du langage pour l'utilisateur. Ce dernier, en langage-machine, donne des ordres simples et immédiatement interprétables par la machine, tels qu'écrire un 0 ou un 1 dans une cellule de mémoire, alors qu'il donnera, s'il utilise un langage évolué, une instruction beaucoup plus complexe qui sera transformée en une série d'ordres simples par les différentes couches de logiciel de l'ordinateur. Une telle instruction peut consister à appeler un sous-programme de façon à lui faire exécuter une certaine fonction sans que les détails de réalisation de cette fonction apparaissent à l'utilisateur. Les informaticiens qualifient d'abstraction cette propriété des langages évolués consistant à dissimuler le détail de leurs opérations à leurs utilisateurs (Lonchamp, 1989).

L'abstraction provient de la dissimulation aux yeux de l'utilisateur des opérations que fait réellement la machine, comme celle d'aller chercher telle donnée à telle adresse physique, etc. La puissance des instructions d'un langage et, par extension, du langage lui-même repose sur cette abstraction. Plus le langage est abstrait, plus il se rapproche du langage naturel et moins l'opacité des codes introduit de distance entre l'utilisateur et la machine. L'opposition entre le concret et l'abstrait n'a plus grand sens dans cet univers où les phénomènes physiques sont décrits au moyen de procédures plus ou moins complexes. Les difficultés ne proviennent pas d'une différence de nature entre abstrait et concret mais de la complexité de procédures dont la connaissance ne peut être inférée de l'expérience.

9 Les études du CEREQ montrent que les métiers de la mécanique sont, parmi tous les métiers, ceux qui font le plus fortement appel aux formations spécialisées qui leur correspondent et que ces formations se caractérisent en outre par une forte homogénéité en raison de l'importance du dessin technique dans leur contenu.

10 La situation est, de ce point de vue, relativement proche de celle que produit l'interaction de l'informatique et du dessin technique dans les systèmes de conception assistée par ordinateur (Merchiers, 1986, op. cit.).

On peut facilement généraliser cette propriété aux équipements informatisés tels que les machines à commande numérique en remarquant que les difficultés liées à leur utilisation ne proviennent pas de la trop grande abstraction de leur langage de programmation mais, au contraire, de l'opacité des codes résultant d'un manque d'abstraction au sens précédent du terme. L'ergonomie des logiciels tente de résoudre ces problèmes en recherchant les principes qui rendent les interfaces homme-machine plus transparentes. La question de l'accès au langage de programmation de la machine par les utilisateurs reste toujours posée mais elle paraît plus facile à traiter lorsqu'on s'aperçoit que les difficultés cognitives de ces situations de travail résident dans la maîtrise de la complexité des procédures. De ce point de vue, il existe des manières d'introduire en production des équipements automatisés qui facilitent la maîtrise de cette complexité en donnant progressivement accès aux connaissances procédurales sans les réserver à telle ou telle catégorie de personnel.

## MODES D'AUTOMATISATION ET DISTRIBUTION DES CONNAISSANCES

Les études comparatives franco-japonaises qui traitent de la question de l'attribution de la programmation à l'atelier ou aux méthodes montrent que l'existence de cette question est davantage subordonnée à la manière dont se constituent les catégories professionnelles d'ouvrier et de technicien qu'à des nécessités techniques ou pédagogiques provenant de propriétés plus ou moins bien établies des connaissances requises par la commande numérique.

Si l'on attribue aussi souvent au travail automatisé la qualité d'être un travail abstrait et donc de requérir pour son exécution des connaissances abstraites, c'est sans doute qu'on est d'autant plus porté à méconnaître le caractère concret de ce genre de travail qu'on ignore davantage le détail de l'activité de conception dont il est le produit et, par conséquent, la dimension presque inéluctable de son inachèvement.

Avant d'être un travail effectivement réalisé, le travail automatisé est un travail imaginé par les concepteurs des équipements non pas dans les moindres détails, car cela est justement impossi-

ble<sup>11</sup>, mais en fonction des connaissances limitées qu'ils possèdent du processus de production. De ce point de vue, l'origine et la façon dont ces connaissances se constituent ne sont pas sans intervenir sur leur nature, leur précision ou leur étendue. Les études comparatives France-Japon laissent percevoir cette dimension proprement sociale de la constitution de ce type de connaissance nécessaire à la production d'équipements de fabrication.

En France, la progression par bonds de l'automatisation introduit des ruptures dans les connaissances des équipements de fabrication (Cavestro et Lecler, 1990). La réponse des entreprises françaises se traduit souvent par l'émergence de services spécialisés où les techniciens de la mécanique et de l'électronique polarisent l'essentiel des compétences en matière de diagnostic et de résolution des pannes. Au Japon, où l'automatisation est généralement plus progressive, la maintenance fait corps avec la fabrication et constitue l'une des sources de la polyvalence ouvrière. Toutefois, dans la plupart des grandes entreprises, chaque service de production possède une petite équipe de maintenance spécialisée, reliée au service de conception des technologies de façon à améliorer en permanence la fiabilité des équipements. L'imbrication entre maintenance et innovation technologique est très forte et la connaissance des machines, de leur fiabilité ou des sources de pannes, est bien intégrée dans une gestion progressive des changements techniques.

L'examen des politiques d'investissement sur une longue période (1965-1985) révèle la différence de démarche entre les deux pays (Maurice et alii, 1988). Les entreprises japonaises ont commencé par acheter des machines courantes, peu sophistiquées mais susceptibles d'être adaptées à leurs propres besoins. Le processus d'adaptation permet de s'approprier cette nouvelle technique et n'est jamais limité au Japon à des catégories particulières de personnel, comme les ingénieurs et techniciens en

<sup>11</sup> Le caractère d'inachèvement de la connaissance associée au travail automatisé a depuis longtemps été mis en évidence. Ainsi a-t-on pu décrire le savoir-faire comme forme de la connaissance technique qui répond aux aléas de la production et dont la méconnaissance par les concepteurs d'équipement limite l'efficacité de l'automatisation (Lebas et Mercier, 1983). Cette connaissance porte sur la mémorisation des descriptions des incidents et de leurs solutions apportées par les opérateurs tant dans le domaine de la technique que dans celui de la gestion des opérations productives. L'absence de prise en compte des aléas par les concepteurs d'équipement est en partie liée à cette impossibilité de prévoir dans le détail le fonctionnement d'équipements complexes, si bien que la solution peut résider dans l'accumulation préalable de connaissances chez les opérateurs par simulation du fonctionnement des équipements (Daniellou, 1990).

France. Il est au contraire pris en charge par le personnel de l'atelier et des services techniques qui, « par échanges mutuels de leurs compétences et de leurs savoir-faire, seront capables d'abord de comprendre le fonctionnement total de la machine (au besoin en la démontant entièrement), puis de la modifier en l'adaptant aux besoins particuliers pour lesquels on la destine » (Maurice, op. cit. p. 157). Cette appropriation, qui peut aller dans certains cas jusqu'à fabriquer une machine ou un équipement entier, suppose une forte coopération entre des personnels ayant des compétences diverses en électronique et en mécanique. En France, ce mariage des deux disciplines a souvent davantage de difficultés à se conclure en raison de la tradition française des branches d'industries spécialisées et relativement cloisonnées et d'une politique industrielle souvent définie en termes de filière.

Les entreprises japonaises pratiquent en outre « une automatisation raisonnable » de leurs équipements. Avant d'automatiser, toutes les solutions alternatives sont recherchées et cette prudence devant l'automatisation totale est associée à une capacité étonnante de « bricolage » technique et organisationnel fondée sur l'accroissement de compétences du personnel et permettant de transformer les machines existantes puis d'en créer de nouvelles. La logique d'investissement traduit ainsi le plus souvent une rationalisation progressive et raisonnée de l'automatisation et du développement de la CN. Un autre trait de cette logique est, par exemple, celui de la poursuite d'achats de machines conventionnelles de sorte que les investissements en CN s'inscrivent dans la dynamique des investissements en continuité et non en rupture avec les autres types de machines.

Les entreprises françaises semblent souvent s'inspirer d'une autre logique : « l'hégémonie des ingénieurs dans la conception des technologies et dans leur développement tend à réduire d'autant la participation des ouvriers et des autres travailleurs, maîtrise, voire techniciens. L'entreprise recherchera alors pour réduire les coûts de la main-d'œuvre productive les solutions techniques les plus élaborées (...) les travailleurs doivent alors adapter leurs savoirs et savoir-faire aux exigences de la machine ou de la technologie nouvelle » (Maurice, ibid p. 470). Au bricolage et à la progressivité de l'investissement technologique et organisationnel à la japonaise s'opposeraient la sophistication et les ruptures technologiques et de qualification de l'automatisation à la française. Ceci montre que la conception et l'utilisation de la technologie

sont fortement associées à la constitution des qualifications et de l'espace professionnel dans lequel évoluent les différentes catégories de personnel des entreprises japonaises et françaises.

Ces comparaisons franco-japonaises éclairent la question de la nature des connaissances liées à l'automatisation. Les pratiques japonaises de progressivité des investissements et d'appropriation des connaissances techniques par les utilisateurs permettent d'échapper aux difficultés rencontrées en France. Ceci suggère que ces difficultés ne proviennent pas de la nature supposée plus abstraite des nouvelles connaissances techniques mais bien du mode de distribution de ces connaissances. Cependant, si ces analyses mettent en doute la pertinence de l'opposition abstrait-concret, elles ne conduisent pas à prétendre que cette opposition soit simplement sans objet. Les nombreux auteurs qui l'utilisent tentent le plus souvent de saisir ce qu'on pourrait qualifier de dimension cognitive des activités. De ce point de vue, l'analyse du cas japonais conduit à se demander s'il existe un lien entre l'organisation productive et le type de connaissance utilisé. L'une des façons d'aborder ce problème consiste à essayer de fournir des éléments de réponse aux questions suivantes : existe-t-il une spécificité des connaissances techniques propres à l'automatisation et l'organisation productive à la japonaise n'exige-t-elle que des connaissances techniques ?

## COMPLEXITÉ PROCÉDURALE ET INSUFFISANCE DE LA CONNAISSANCE TECHNIQUE

Le développement de systèmes automatisés de fabrication et de nouveaux modes de gestion de la production a incontestablement fait surgir une nouvelle distinction dans le domaine des connaissances liées à la production en permettant de séparer nettement les connaissances relatives aux opérations de fabrication portant sur la transformation de la matière de celles relatives au contrôle de leur enchaînement et de leur gestion. Mais cette distinction était souvent présentée comme celle de connaissances concrètes portant sur les opérations de transformation de la matière, de manipulation des équipements et des produits, bref, des savoir-faire portant sur les choses alors que l'organisation de la production et la gestion relevaient davantage de connaissances générales, théoriques et formelles, exprimables par des procédures

informatiques ou des langages nécessairement abstraits.

La distinction précédente qui sépare les connaissances relatives aux opérations de fabrication portant sur la transformation de la matière de celles relatives au contrôle de leur enchaînement et de leur gestion oppose en réalité des connaissances portant sur des objets techniques à des connaissances portant sur des procédures. L'exemple le plus typique de procédures jouant un rôle important en production concerne les jeux d'instruction fournis aux agents sous forme de gammes, de plans, de listes d'opérations ou d'instructions parfois très réduites et qu'on appelle traditionnellement le *travail prescrit*. On sait que de telles instructions ne fournissent bien souvent que des indications sommaires ou incomplètes<sup>12</sup>, et qu'il revient aux agents, opérateurs ou employés, techniciens ou ingénieurs de compléter. En complétant ces instructions autant qu'il leur est nécessaire pour réaliser leur travail, les agents manifestent des savoirs, savoir-faire, connaissances, de même nature que les instructions concernant les opérations à réaliser. De ce point de vue, modifier une liste d'instruction, une gamme, un dessin technique ou le programme informatique d'un équipement consiste toujours à appliquer des procédures spécifiques, plus ou moins complexes, plus ou moins formalisées, à partir de connaissances techniques. Si l'évolution actuelle du travail automatisé augmente cette complexité, d'une façon qui n'est sans doute pas inéluctable, elle ne fait pas passer pour autant, et quelque peu mystérieusement, du concret à l'abstrait.

La question de la prescriptibilité du travail automatisé peut ainsi être reprise. Il existe sans doute de multiples façons de décrire le travail selon les objectifs qu'on poursuit (Merchiers et Troussier, 1988) mais peut-on toujours prescrire le travail, c'est-à-dire le décrire de sorte qu'il puisse être exécuté ? Puisque les machines et équipements automatisés ne sont pas plus abstraits que les autres mais fonctionnent selon des procédures spécifiques, le fait de décrire de façon plus ou moins stricte ces procédures dépend de la quantité et de la nature des informations que les prescripteurs ont à leur disposition. Une orientation de recherche récente (Veltz, 1988) met en avant les liaisons entre la nature et la quantité des informations et paramètres disponibles d'une part et le mode

d'organisation productive d'autre part. Les caractéristiques des connaissances nécessaires aux agents varient alors avec la façon de définir la gestion optimale des ressources. Trois grands modèles sont distingués : recherche d'un optimum global exigeant le calcul explicite d'un grand nombre de données extraites du système productif, recherche d'un optimum par intégration de sous-optimums fonctionnels et recherche d'un fonctionnement optimal par imposition de contraintes locales qui ne nécessitent pas la définition et le calcul de procédures de coordination explicites. Les deux premiers modèles font appel aux propriétés en grande partie procédurales et techniques des connaissances nécessaires alors que le modèle centré sur l'imposition de contraintes locales au niveau de l'atelier exige probablement des connaissances et des compétences d'une autre nature fondée sur des connaissances non techniques, connaissances plus vagues du monde social ou connaissances psychologiques car il n'y a pas que les connaissances techniques qui permettent de prédire avec une bonne chance de réussite. Les connaissances techniques permettent de prédire le comportement d'objets techniques mais la psychologie de sens commun permet également de prédire le comportement d'êtres humains, avec souvent un certain succès, comme le remarquent les psychologues cognitivistes (Fodor, 1988). Ainsi, la spécificité de l'intégration à la japonaise résiderait peut-être dans certaines propriétés du monde social les plus apparentes mais les moins interrogées. Par exemple, le mode de gestion du type *kanban* repose sur une contrainte locale (Veltz, art. cit. et Jacot, 1990) qu'on ne peut imaginer sans lui associer un consensus et une hiérarchie ayant des propriétés particulières.

De même, la diffusion des connaissances relatives à la programmation des machines à commande numérique au Japon montre que l'appropriation de la connaissance technique ne constitue pas nécessairement un enjeu. Là où les Européens parlent volontiers de « *pouvoir hiérarchique de la technique* » (Salerni, 1979), les Japonais ont installé une forme de pouvoir hiérarchique reposant sur une manière de commander originale et indépendante de la technique. De ce fait, le rapport à la technique n'est plus perturbé par la fonction de légitimation de l'autorité hiérarchique et la technique devient complètement disponible aux différentes catégories de personnel selon des modalités qui ne dépendent plus que des nécessités de la gestion optimale des ressources. L'autorité hiérarchique doit alors se trouver d'autres justifica-

<sup>12</sup> Jouant un peu le même rôle que les recettes de cuisine qui ne constituent pas des descriptions de l'action mais des plans pour l'action (cf. Conein et Laks, 1989, op. cit.).

tions qu'il reste à élucider. Il faudrait étudier les propriétés de la compétence à l'œuvre dans les rapports hiérarchiques qui constituent une bonne part des rapports communicationnels portant sur la technique comme sur la gestion en analysant des phénomènes tels que formuler une requête, donner des ordres, manifester son accord ou son désaccord, etc, soit toutes sortes de connaissances qui ne sont pas à proprement parler techniques mais qui sont au fondement des hiérarchies professionnelles et donc de la répartition des connaissances techniques.

De nombreuses recherches font référence à ces ressources cognitives extra-techniques. Ainsi P. Veltz (art. cit.) oppose à la rationalité technique une rationalité communicationnelle, et il rejoint par là des considérations tant empiriques — celles de Ph. Zarifian qui constate les obstacles langagiers qui s'opposent à la communication chez les ouvriers (Zarifian, 1988), celles d'un récent rapport sur l'enseignement général dans les formations de niveau V (rapport Pair), qui demande d'accroître les capacités à communiquer et à traiter l'information ou de C. du Tertre qui mentionne « la dimension accrue du cognitif » dans le post-taylorisme (du Tertre, 1989) — que théoriques — chez Winograd par exemple qui montre l'intérêt d'un examen des structures conversationnelles de l'activité lorsqu'on doit concevoir des systèmes qui informatisent cette activité (Winograd, 1986). Dans une telle optique, l'étude de certaines activités professionnelles qui passent essentiellement par l'exercice de la parole devrait permettre de dépasser une approche strictement cognitive de la compétence en termes de connaissances techniques et procédurales (Merchiers et Pharo, 1990).

\*\*\*

Ce type d'analyse peut aisément trouver des applications dans le domaine des relations entre formation et emploi si l'on considère que l'entreprise est dans un environnement dont le système éducatif constitue une partie importante. Le paradoxe entre la nécessité d'un certain retour à l'atelier et de la difficulté à « reprofessionnaliser » des ouvriers de production éloignés des « concepteurs d'équipement » à la fois socialement et professionnellement (Lutz et Hirsch-Kreinsen, 1988) trouve une traduction dans les problèmes actuels de formation. En effet, on peut penser que la distinction ouvrier-technicien repose sur celle de deux types de connaissances, la connaissance procédurale et technique de l'ouvrier professionnel (formalisée dans les CAP-BEP) et des connais-

sances plus générales d'ordre sémantique et reposant sur la maîtrise des actes de langage, que l'on retrouve davantage dans l'enseignement post-baccalauréat et chez les techniciens. Mais il ne s'agit plus ici d'une distinction entre la connaissance concrète qu'aurait l'ouvrier face à la connaissance abstraite qu'aurait le technicien car tous les deux possèdent des connaissances procédurales plus ou moins formalisées qui, naturellement, dépendent en grande partie de la durée d'apprentissage (de même que les connaissances échiquées d'un amateur sont quantitativement plus faibles que celles d'un professionnel, quoique pas plus abstraites ou concrètes, et cela s'applique aussi aux connaissances technologiques, on en apprend plus en cinq ans après la classe de seconde qu'en deux ans, toutes choses égales par ailleurs).

Jacques Merchiers,  
CEREQ

#### Bibliographie

- Adler P.S. et Borys B. (1988), « Automatisation et travail : le cas de la machine-outil », *Formation Emploi*, n° 21.
- Cavestro W. et Lecler Y. (1990), « La construction des qualifications et les pratiques de formation » in Jacot J.-H. (sous la direction de), *Du fordisme au Toyotisme ?*, la Documentation Française, Paris, 1990.
- Chabal J. (1985), « Dessin technique et schématisation », *Technologie, Idéologies et Pratiques*, vol V.
- Chesnais M. (1990), « L'identification des causes de dysfonctionnement : intérêt des techniques d'analyse issues de la conception systémique » in *Les Analyses du travail : enjeux et formes*, collection des études n° 54, CEREQ.
- Conein B. et Laks B. (1989), « A quoi servent les recettes ? Savoir et savoir-faire dans la cuisine domestique », communication au colloque *Travail et Pratiques Langagières*, Paris, avril 1989.
- Daniellou F. et Garrigou A. (1990), « Analyse du travail et conception des situations de travail » in *Les Analyses du Travail*, op. cit.
- Denis G. (1986), « Les emplois de l'électricité et de l'électronique dans la maintenance industrielle » in *Dossier Formation et Emploi - Les emplois de l'électricité et de l'électronique*, collection des études n° 25, CEREQ.
- Dofny J., Durand C., Reynaud J.-D., Touraine A. (1957), *Attitudes des ouvriers de la sidérurgie à l'égard des changements techniques*, doc. ronéoté, ISST, Paris.
- Durand C., Prestat C., Willener A. (1958), *Niveaux de mécanisation et modes de rémunération*, CECA, Paris.

- Durand C. (1959), « L'évolution du travail dans les laminoirs », *Revue française du Travail* XIII-1, janvier-mars.
- Ferguson E. (1985), « La fondation des machines modernes : des dessins », *Culture technique* n° 14.
- Fodor J. (1988), *Psychosemantics, The problem of meaning in the Philosophy of Mind*, MIT Press.
- Jacot J.-H. (1990), (sous la direction de), *Du fordisme au Toyotisme ?*, op. cit.
- Jeantet A. et Tiger H. (1985), « L'automatisation d'un atelier d'usinage à l'épreuve des histoires individuelles et des savoir-faire ouvriers », *Formation Emploi* n° 11, juillet-septembre 1985.
- Lebas C. et Mercier C. (1983), *Les savoir-faire et les changements techniques*, ECT, Lyon.
- Lonchamp J. (1989), *Les langages de programmation*, Masson, Paris.
- Lutz B. et Hirsch-Kreinsen H. (1988), « Thèses provisoires sur les tendances actuelles et futures de la rationalisation et du travail industriel » in Cohendet et alii (ed.) *L'après-taylorisme*, Economica, Paris.
- Maurice M., Mannari H., Takeoka Y., Inoki T. (1988), *Des entreprises françaises et japonaises face à la mécatronique*, rapport LEST-CNRS, Aix-en-Provence.
- Merchiers J. (1986), « Dessin technique et Informatique » in *Technologies, Idéologies et Pratiques*, vol. V, n° 4.
- Merchiers J. (1988), « Entretien et analyse de l'activité » in *Lectures d'un entretien. Itinéraire de technicien*, document de travail n° 38, CEREQ.
- Merchiers J. et Pharo P. (1989), « Compétences et activités pratiques », communication au colloque *Travail et Pratiques langagières*, Paris, avril 1989.
- Merchiers J. et Pharo P. (1990), « Sociologie de l'expert : savoir privé, succès public », communication aux *Journées de Sociologie du Travail*, Toulouse, 1990.
- Merchiers J. et Troussier J.-F. (1988), « L'analyse du travail : pratiques, concepts, enjeux », *Formation Emploi* n° 23, juillet-septembre 1988.
- Salerni D. (1979), « Le pouvoir hiérarchique de la technologie », *Sociologie du Travail* 1/79.
- Terre du Ch. (1989), *Technologie, Flexibilité, Emploi*, L'Harmattan, Paris.
- Veltz P. (1988), « Rationalisation, organisation et modèles d'organisation » in Cohendet P. et alii (ed.), *L'après-taylorisme*, op. cit.
- Videcoq J.-M. et alii (1987), « Aide interactive au dépannage en expérimentation », in *Avignon 87, Les systèmes experts et leurs applications*, VII<sup>èmes</sup> journées internationales, vol. 2.
- Winograd T. et Flores F. (1986), *Understanding Computers et Cognition, A New Foundation for Design*, Norwood, New Jersey, Ablex Publishing Corporation.
- Zarifian Ph. (1988), « Ouvriers, maîtrise et techniciens, acteurs du changement industriel », *Bref* n° 35, CEREQ.

