

*L'automatisation dans  
les industries de biens  
d'équipement*

*Volume 3*

*L'automatisation de l'usinage et  
le développement de la commande numérique*

*Olivier Bertrand*

**L'AUTOMATISATION DANS LES INDUSTRIES  
DE BIENS D'ÉQUIPEMENT**

**Volume 3**

**L'AUTOMATISATION DE L'USINAGE ET  
LE DÉVELOPPEMENT DE LA COMMANDE NUMÉRIQUE**

*Olivier BERTRAND  
Responsable de la Mission  
des liaisons internationales et  
des stages du CEREQ  
Avril 1984*

## SOMMAIRE

	Pages
<b>Chapitre 1 : Les nouvelles formes d'automatisation. Leur adoption et leur diffusion.</b> .....	5
1. L'automatisation concerne différents aspects de l'usinage et progresse par étapes .....	5
1.1. <i>Le parc machine-outil à commande numérique (MOCN) est encore faible mais représente une part significative de la production.</i> .....	6
1.2. <i>La place des machines françaises dans ce parc est encore importante, mais de plus en plus menacée</i> .....	7
1.3. <i>Les facteurs économiques paraissent jouer un rôle déterminant dans les politiques vis-à-vis de l'automatisation ...</i> .....	9
1.4. <i>... Dont les caractéristiques répondent à de nouveaux besoins .</i> .....	9
2. La diffusion a touché successivement des types d'entreprises ayant à résoudre des problèmes différents .....	11
3. La rentabilité de l'automatisation est difficile à calculer, mais paraît assurée .....	13
<b>Chapitre 2 : Organisation, travail et qualification.</b> .....	17
1. Vue d'ensemble sur les liaisons entre technologie, organisation et travail .....	19
1.1. <i>Les facteurs liés aux conditions de production.</i> .....	19
1.2. <i>Le rôle des politiques d'entreprise</i> .....	22
2. Les structures organisationnelles .....	23
2.1. <i>L'automatisation n'est qu'un facteur, parmi d'autres, de l'évolution des structures organisationnelles</i> .....	23
2.2. <i>L'apparition d'une fonction nouvelle de programmation peut être associée avec des structures organisationnelles variables .</i> ..	23
2.3. <i>Ces structures organisationnelles sont évolutives</i> .....	25
2.4. <i>En maintenance, le maintien des structures est fréquent, mais pas général</i> .....	26
2.5. <i>L'automatisation affecte plus le mode de fonctionnement des organisations que les structures</i> .....	27
3. Division du travail, contenu des tâches et qualification .....	29
3.1. <i>L'élaboration des logiciels est un investissement important mais exceptionnel.</i> .....	29
3.2. <i>En programmation et en usinage, on observe quatre formes principales de division du travail.</i> .....	29
3.3. <i>Description des opérations de programmation</i> .....	35

3.4. <i>Une analyse détaillée des opérations d'usinage est nécessaire pour apprécier la qualification des opérateurs ...</i>	36
3.5. <i>... Et l'évolution de cette qualification</i>	37
<b>Chapitre 3 : Recrutement, profils, évolution professionnelle et formation.</b>	<b>41</b>
1. En programmation, on observe trois profils de recrutement	41
2. L'affectation des opérateurs sur MOCN est liée à trois critères : compétence, adaptabilité et motivation.	43
3. Accroissement de la mobilité interne.	46
4. La formation continue accompagne généralement l'automatisation, mais avec des formes et une intensité variables	48
<b>Éléments de conclusion</b>	<b>51</b>
<b>Au sommaire des autres volumes.</b>	<b>57</b>

## CHAPITRE 1

### LES NOUVELLES FORMES D'AUTOMATISATION LEUR ADOPTION ET LEUR DIFFUSION

#### 1. L'AUTOMATISATION CONCERNE DIFFÉRENTS ASPECTS DE L'USINAGE ET PROGRESSE PAR ÉTAPES

Une opération d'usinage peut être représentée schématiquement comme résultant de la mise en relation :

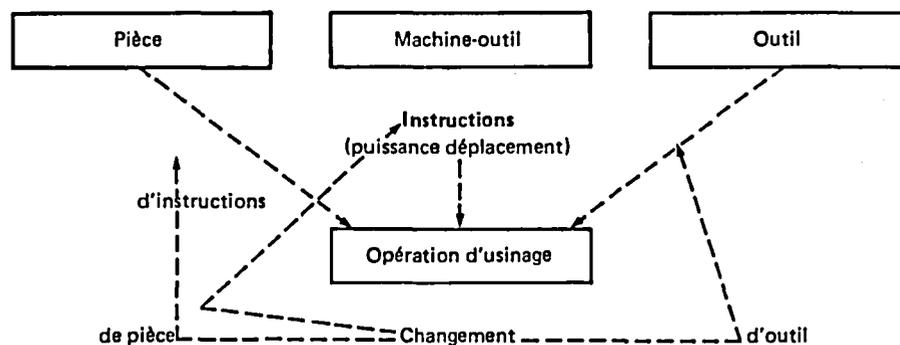
- d'une machine-outil, à laquelle sont données des instructions ;
- d'une pièce à usiner, fixée sur des outillages ;
- et d'un outil réalisant l'usinage, fixé sur un porte-outil.

Chacun de ces éléments peut être automatisé de manière autonome par rapport aux autres :

- la machine-outil à commande numérique (MOCN) se caractérise essentiellement comme un dispositif d'automatisation des instructions ;

- le changement de pièce peut être automatisé grâce à un système de palettisation et à un mécanisme de chargement qui peut être un robot ;

- le changement d'outil peut être automatisé grâce à un magasin et à un changeur d'outil à commande numérique.



Le centre d'usinage (CU) réalise la combinaison de ces éléments, avec différents degrés d'automatisation.

Le stade ultime consiste à mettre en relation différentes machines ainsi automatisées par une manutention des pièces elle-même automatisée et grâce à un pilotage central plus ou moins élaboré. C'est le principe de l'atelier flexible.

Il est clair que ces différents types d'automatisation n'ont pas le même im-

fact sur le travail humain et sur la qualification. Pour cette dernière, l'élément décisif est l'introduction de la commande numérique (CN) : l'opération la plus qualifiante étant la transmission d'instructions à la machine. C'est pourquoi l'attention portera plus particulièrement sur cette évolution technique, mais il importe de bien la situer dans son contexte, car les autres formes d'automatisation ont également une incidence sur le travail et sur l'emploi.

Rappelons seulement qu'il existe trois générations de machines-outils à commande numérique :

- la première génération (CN) étant commandée par un ruban contenant le programme et ne permettant pas de modifications en cours d'usinage ;

- la deuxième génération, la plus diffusée actuellement, comporte un calculateur sur la machine (CNC), permettant d'effectuer ces modifications ou même parfois d'établir directement le programme sur machine ;

- parallèlement, on assiste à un développement encore limité des machines à commande directe (DNC) rattachées à un ordinateur central qui peut piloter une ou plusieurs machines.

Conjointement, les systèmes de programmation évoluent :

- dans une première étape, la programmation est manuelle : le programmeur (1) doit établir les spécifications pour le dessin de la pièce, puis donner des instructions détaillées pour le parcours de l'outil et le fonctionnement de la machine ;

- dans une deuxième étape, des programmes de type informatique prévoient le détail des calculs et des opérations d'usinage, le programmeur n'ayant plus qu'à donner des instructions synthétiques ;

- certaines machines sont directement équipées de programmes permettant la programmation directe sur machine de pièces simples ;

- lorsque l'entreprise utilise un système de conception ou dessin assisté par ordinateur (CAO ou DAO), le dessin de la pièce réalisé au stade de l'étude peut être réutilisé et n'a plus besoin d'être défini par le programmeur.

Ces nouvelles générations de machines automatisées se distinguent par une flexibilité de plus en plus grande par rapport à la précédente génération, celle des machines-outils automatiques à cycle fixe et des machines-transferts. Ces dernières étaient conçues pour une production déterminée et ne pouvaient être reconverties que très difficilement à une production nouvelle.

Au contraire, une fois le programme établi, il suffit de l'affecter à la machine à commande numérique pour qu'elle commence une nouvelle production (moyennant des réglages de mise au point d'importance variable, comme on le verra).

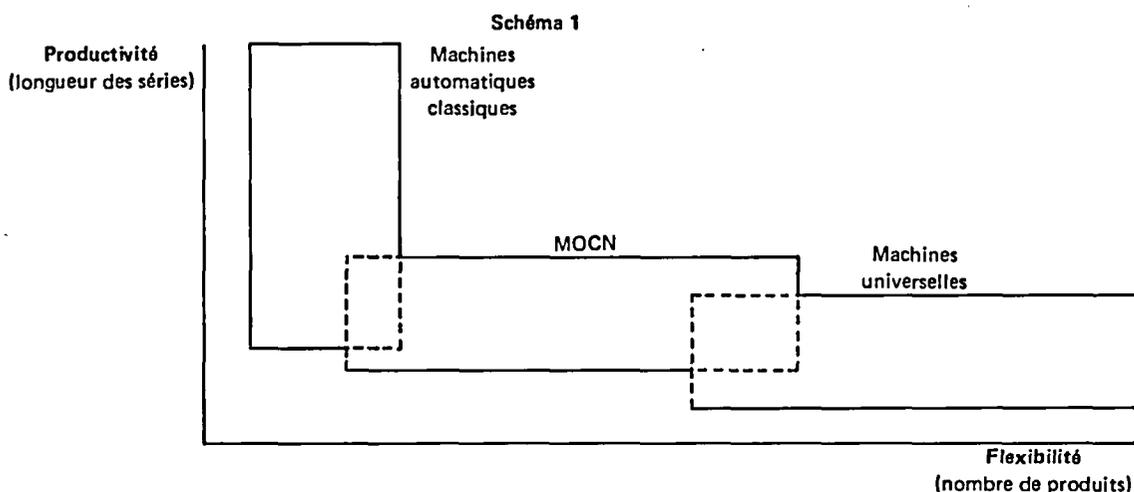
### 1.1. Le parc machine-outil à CN est encore faible mais représente une part significative de la production

---

(1) Ce terme couramment utilisé peut prêter à confusion. On verra que l'emploi qu'il recouvre est très différent de celui d'informaticien.

D'après un récent rapport au Conseil économique et social (2), le parc français de machines-outils à commande numérique serait passé de 1 000 en 1970 à 2 200 en 1974 et à 10 500 en 1980 (3). Malgré cette progression, il ne représenterait encore qu'une part très faible du parc total, qui serait de l'ordre du million. Cependant les machines à commande numérique sont dans l'ensemble beaucoup plus performantes et plus utilisées que les machines classiques dont le parc comporte un grand nombre de petites machines à faible production. Ceci pourrait expliquer une estimation récente suivant laquelle les machines à commande numérique assureraient le tiers de la production manufacturière, contre un tiers pour les machines-outils classiques et un tiers pour les lignes-transferts automatiques.

Un schéma classique (cf. schéma 1) montre la place respective de ces machines par rapport aux différents types de production :



Au sein de l'échantillon d'établissements visités, les machines à commande numérique représentent en nombre un peu plus de 10 % du parc total, soit beaucoup plus que la moyenne nationale (1 %).

## 1.2. La place des machines françaises dans ce parc est encore importante, mais de plus en plus menacée

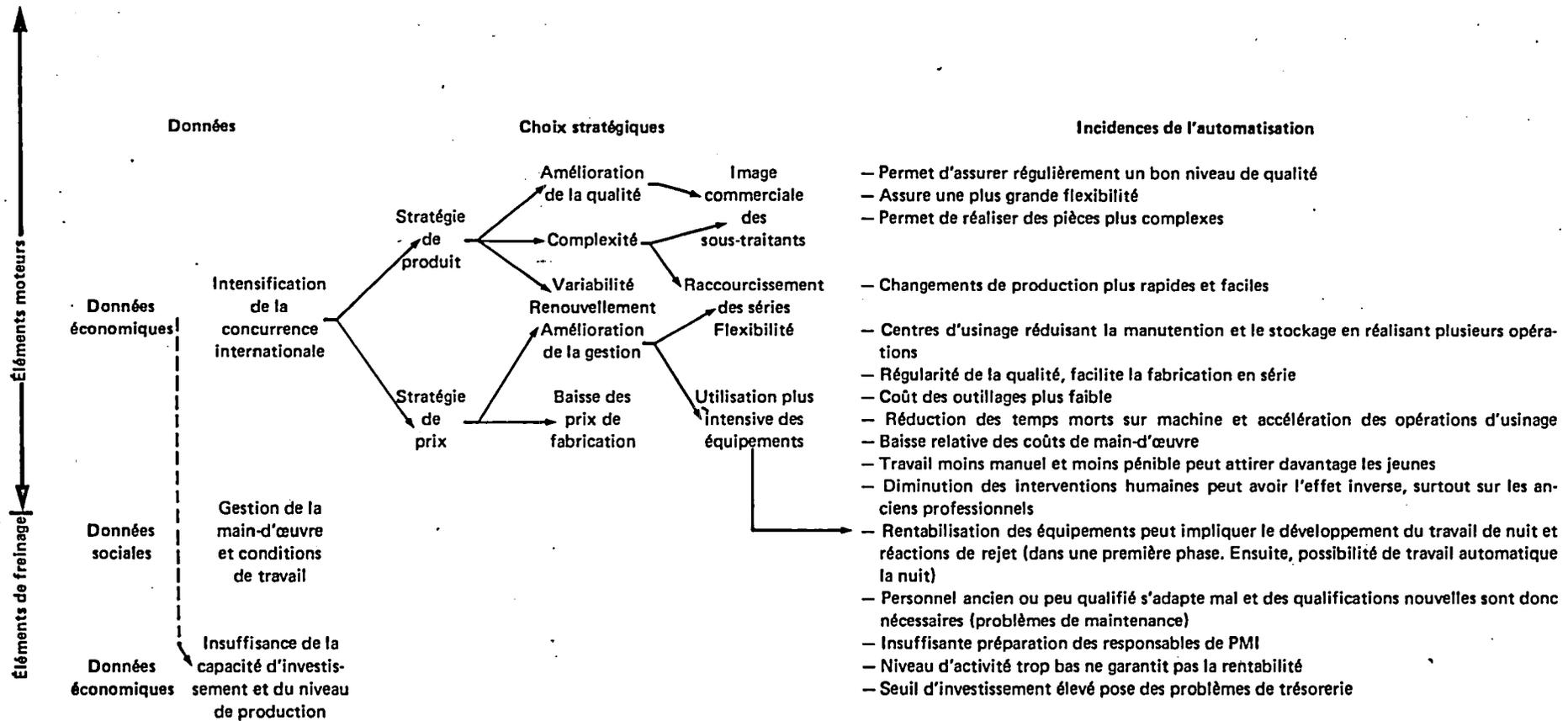
Bien que cela ne soit pas l'objet de cette étude, il n'est pas sans intérêt de résumer les indications et les opinions recueillies en ce qui concerne l'origine des équipements et la situation de l'industrie française de la machine-outil. Cette dernière souffre depuis quelques années d'une sérieuse érosion de ses positions, si l'on considère à la fois la structure des achats et les opinions exprimées. D'après celles-ci, les utilisateurs manifestent souvent une forte préférence de principe pour les équipements français, mais aussi des critiques très fréquentes vis-à-vis des constructeurs. Il est significatif que ces critiques ne portent pas tellement sur les prix, mais davantage sur la gamme des équipements offerts, sur leur perfectionnement technique et sur des considérations commerciales : manque de suivi, de technicité, de sérieux, longueur des délais, etc.

Si ces problèmes sortent du cadre de l'étude, l'une des caractéristiques du parc de machines-outils intéresse l'organisation du travail : c'est celle de l'homogénéité des machines et plus particulièrement des directeurs de commande. De manière générale, ceux-ci sont très hétérogènes, non seulement d'un constructeur à l'autre, mais aussi pour un même constructeur et parfois un même type de machine. Cette situation a deux conséquences importantes sur lesquelles on reviendra :

(2) M.Y. LASFARGUE, « L'utilisation de la robotique dans la production et ses perspectives d'avenir », Avis et rapports du Conseil économique et social, Journal officiel, 2 avril 1982.

(3) Contre 50 000 au Japon et 25 000 en RFA.

**Schéma 2**  
Facteurs susceptibles d'influer sur la décision d'automatiser



- sur la programmation (impossibilité de faire passer directement un programme d'une machine sur l'autre sans assistance informatique) ;

- sur la maintenance (problèmes de technicité et de pièces détachées).

### 1.3. Les facteurs économiques paraissent jouer un rôle déterminant dans les politiques vis-à-vis de l'automatisation ...

Il s'agit maintenant d'examiner les facteurs susceptibles d'influer sur les politiques d'entreprise vis-à-vis de l'automatisation.

Celles-ci peuvent être examinées à deux niveaux : il s'agit d'abord d'étudier les facteurs qui ont joué pour ou contre la décision d'automatisation et de voir ultérieurement les facteurs qui peuvent influer sur les modalités de l'automatisation, et notamment sur les choix d'organisation.

Comme cela s'est produit dans l'histoire pour beaucoup d'innovations, la diffusion des nouvelles machines-outils résulte de la rencontre entre une offre et une demande ; autrement dit, entre un potentiel technologique et un besoin économique.

Comme l'indique le schéma 2, le point central est l'intensification de la concurrence internationale. En bref, on peut dire que les entreprises peuvent y faire face par deux politiques (qui ne sont pas contradictoires et peuvent être complémentaires) :

- soit en privilégiant l'amélioration des produits : on peut chercher à relever le niveau de la qualité (facteur de compétitivité dont l'importance est aujourd'hui primordiale) ; ou concevoir et produire des produits de plus en plus complexes et performants ; ou encore offrir une gamme de produits plus large ou plus fréquemment renouvelée ;

- soit en privilégiant le facteur prix, ce qui peut être obtenu soit directement par une baisse des coûts de fabrication, soit plus généralement par une amélioration des méthodes de gestion.

Il est significatif que la flexibilité se retrouve au point de rencontre de ces deux politiques : elle est liée à une tendance au raccourcissement des séries qui répond à la fois à la nécessité d'un renouvellement rapide des produits et à un facteur important d'amélioration de la gestion qui est la diminution du volume des stocks (trait caractéristique de la politique des entreprises japonaises).

### 1.4. ...Dont les caractéristiques répondent à de nouveaux besoins

Le schéma 2 montre qu'à chacun de ces impératifs correspond une caractéristique des nouveaux équipements automatisés :

- La commande numérique apporte un gain de précision, et surtout de régularité dans la précision, donc de qualité.

- La commande numérique est plus fiable que la commande humaine, par suite de la programmation préalable suivie de tests permettant d'éviter toute erreur. Cet avantage est particulièrement important dans le cas de pièces très coûteuses.

- La commande numérique permet, grâce à la multiplication du nombre de déplacements simultanés sur différents axes, d'usiner des pièces de forme très com-

plexe qu'il était pratiquement impossible, ou très difficile, d'usiner auparavant. Deux conséquences sont possibles : d'une part des gains de temps très importants (le cas d'une diminution de cent heures à une heure a été cité) ; d'autre part, la conception des pièces peut s'en trouver modifiée, le bureau d'études anticipant sur les possibilités des ateliers de fabrication. Le niveau des exigences à leur égard va donc s'élever, ce qui aura une incidence sur la sous-traitance.

— En effet, les avantages directs de la commande numérique sur le plan technico-économique deviennent des avantages indirects sur le plan commercial. Pour les sous-traitants, il devient indispensable de s'équiper en machines de ce type pour pouvoir montrer aux donneurs d'ordre qu'ils ont une capacité de produire des pièces plus complexes, d'une qualité supérieure et d'une régularité plus grande.

— Le point central (la facilité et la rapidité des changements de production) a déjà été mentionné, notamment dans le cas de séries répétitives pour lesquelles il suffit de reprendre le programme existant. Cette évolution a une incidence importante sur le plan de la gestion, puisque désormais il n'y a plus de raison de stocker à l'avance un type de pièces qui peut être facilement remis en fabrication. D'où une baisse du niveau des stocks et des coûts financiers correspondants.

— Les centres d'usinage apportent un avantage supplémentaire dans ce domaine, puisqu'ils permettent de procéder en une seule fois à une série d'opérations qui nécessitaient auparavant des passages successifs sur des machines spécialisées, avec des opérations de manutention intermédiaires et des temps de stockage importants. Suivant un exemple cité, un centre d'usinage avec quarante-huit outils permet de réaliser en une seule fois et en deux heures trente, une succession d'opérations qui nécessitaient précédemment sept heures d'usinage effectifs et, surtout, huit semaines d'immobilisation de la pièce et de déplacement d'une machine à l'autre.

— Autre avantage qui va dans le même sens : la régularité dans la qualité permet de fabriquer plus facilement des pièces standardisées et qui puissent se substituer l'une à l'autre, sans nécessiter d'opérations d'ajustage final. Outre les gains de temps de mise en route inhérente à la production en série et de temps d'ajustage, cette évolution contribue aussi à diminuer le niveau des stocks.

— Le coût des outillages sur lesquels les pièces sont fixées diminue sensiblement sur les centres d'usinage, puisque la fixation ne se fait qu'une seule fois pour une succession d'opérations.

— Avec la commande numérique, les temps d'usinage sont réduits grâce à une diminution des temps morts nécessaires aux réglages, ainsi que par une plus grande rapidité des avancées d'outils.

De cette énumération des facteurs favorables à l'adoption de la commande numérique, on peut tirer deux conclusions : ils ne s'appliquent pas également à différentes conditions de production ; ils se situent sur des plans différents, mais sont cependant liés entre eux, ce qui conduit à une approche plus globale de la rentabilité.

## 2. LA DIFFUSION A TOUCHÉ SUCCESSIVEMENT DES TYPES D'ENTREPRISES AYANT A RÉSOUDRE DES PROBLEMES DIFFÉRENTS

Le premier point conduit à s'interroger sur les conditions dans lesquelles s'est faite, historiquement, la diffusion des nouvelles formes d'automatisation. A partir de l'échantillon observé, on peut présenter schématiquement cette évolution comme suit. Il paraît clair (et l'échantillon d'entreprises observées le confirme) qu'en France comme aux États-Unis, la diffusion de la commande numérique s'est faite d'abord pour des raisons techniques, dans de grandes entreprises ayant à faire face à des impératifs particuliers, liés notamment à la complexité des pièces, mais avec des séries limitées. Ce n'est sans doute pas un hasard si l'industrie aéronautique semble avoir été la première à adopter la commande numérique au cours des années soixante alors que l'automobile, fabriquant en beaucoup plus grande série des pièces plus courantes, utilisait depuis longtemps les machines-transferts.

La commande numérique se répand un peu plus au début des années soixante-dix (vers 1972-1974) mais toujours dans de grandes entreprises ayant à faire face à des contraintes techniques plus qu'à des impératifs de prix (grosse mécanique, armement, électronique professionnelle). Pour elles, la capacité de fabriquer rapidement des pièces complexes et la fiabilité sont déterminantes et s'appliquent éventuellement à des fabrications unitaires. Ces entreprises ne sont pas représentatives de l'ensemble de l'industrie française, mais d'une fraction importante qui continue à occuper une position favorable sur le marché.

C'est seulement dans la deuxième moitié des années soixante-dix — période qui a vu la généralisation de la CNC, une plus grande fiabilité des machines et une plus grande maîtrise des utilisateurs, le développement des centres d'usinage et, plus récemment, les possibilités d'automatisation complémentaires — que la CN se diffuse dans tous les types d'entreprises. A ce stade, et à la fois parce que le type d'entreprise et de production change et parce que le coût relatif de l'automatisation diminue, les données économiques du problème deviennent prédominantes. C'est alors qu'on voit les PMI s'équiper, parfois beaucoup plus rapidement que les grandes entreprises.

On constate que, pour ces entreprises, la possibilité d'assurer une production de qualité au meilleur coût avec une grande flexibilité devient un facteur essentiel de survie sur un marché de plus en plus compétitif.

Parallèlement, le domaine d'application de la CN, qui était initialement limité aux très petites séries éventuellement répétitives, tend à s'étendre vers les moyennes séries et, peut-être, les grandes séries.

Enfin, les conditions d'utilisation des équipements, liées au progrès des méthodes de gestion, se modifient.

C'est l'évolution moyenne que l'on a présentée ici. Les écarts par rapport à cette moyenne sont significatifs. C'est le cas, par exemple, de l'une des PMI observées, qui adoptait sa première machine à CN dès 1973 et renouvelait massivement son parc à partir de la fin des années soixante-dix. Ayant maîtrisé les techniques nouvelles, accédé à de nouveaux types de production et conquis de nouveaux clients, elle avait acquis un avantage décisif sur ses concurrentes, dont l'une par exemple ne commença à s'équiper qu'en 1981, en vue de disposer d'un argument commercial pour trouver une clientèle nouvelle en pleine crise.

On notera que, dans ce dernier cas, l'entreprise a acquis directement un centre d'usinage assez important, en quelque sorte pour rattraper le temps perdu. Par contre, dans l'ensemble des cas observés, l'automatisation ne s'est faite que de manière très progressive et n'a jamais constitué un bouleversement. On a toujours commencé par se familiariser avec les nouvelles machines et par les tester, avant de tendre vers une généralisation qui n'est encore réalisée nulle part.

### 3. LA RENTABILITÉ DE L'AUTOMATISATION EST DIFFICILE A CALCULER, MAIS PARAÎT ASSURÉE

La diversité des avantages de la commande numérique et les interrelations entre eux expliquent que les calculs de rentabilité ne sont pas simples. Dans beaucoup de cas, toutes choses ne sont pas égales par ailleurs par rapport aux machines conventionnelles.

On comprend mieux pourquoi, si certaines entreprises procèdent à des calculs approfondis de rentabilité, d'autres n'en voient pas la possibilité, ni parfois même la nécessité (4). Cette rentabilité paraît souvent évidente. Une seule entreprise n'avait pas encore rentabilisé une machine très récente parce qu'elle manquait de travail. La plupart estime que la rentabilité est de 2,5 à 4 fois supérieure avec une commande numérique. Voici un exemple qui compare l'utilisation d'un centre d'usinage et d'une fraiseuse conventionnelle :

	<u>Machine conventionnelle</u>	<u>Centre d'usinage</u>
Temps d'usinage. . . . .	2 heures (14 à 16 opérations)	35 minutes (1 opération)
Coût des outillages . . . . .	250 000 F	40 à 50 000 F
Temps de réglage . . . . .	2 heures 15 minutes	25 minutes

Pour un certain nombre d'interlocuteurs, le passage de la commande numérique au centre d'usinage paraît constituer un progrès presque aussi important que le passage de la machine conventionnelle à la CN. On a vu qu'un autre progrès concernait l'automatisation de plus en plus poussée qui peut permettre, soit de relier plusieurs machines entre elles, soit de les faire travailler seules. Par contre, le passage de cette étape intermédiaire à la réalisation intégrale d'ateliers flexibles paraît poser des problèmes plus difficiles et la rentabilité en est encore plus complexe à apprécier.

A partir de cette première analyse, on pourra se demander pourquoi l'automatisation ne se répand pas plus rapidement et si elle ne présente que des avantages.

A cela, les interlocuteurs rencontrés (et l'analyse n'a fait jusqu'ici que refléter leur discours) répondent que :

- désormais, la quasi-totalité de leurs achats d'équipements nouveaux concerne des machines à commande numérique, la part de celles-ci sur le marché de la machine-outil devant donc à l'avenir être largement dominante. On aura seulement besoin d'une petite minorité de machines conventionnelles et pour certains types de machines,

(4) Un de nos interlocuteurs se déclare stupéfait de constater que beaucoup de ses confrères ne procèdent pas à une analyse préalable et détaillée de tous les facteurs de rentabilité. Pour un autre, cette analyse n'était pas nécessaire, tant la rentabilité est évidente. D'après un article récent : « Force est de reconnaître que le passage à l'acte est l'aboutissement d'une conduite plutôt irrationnelle : le comportement réel des décideurs et les motifs qu'ils invoquent paraissent souvent contradictoires. Au bout du compte, c'est plutôt une attitude foncière, le dynamisme, qui tranche entre des motivations multiples, mais aussi de nombreux freins. ». « Une preuve de dynamisme », Industries et techniques, spécial 500, 20 Déc. 1982, p. 31.

la commande numérique ne se justifie guère (5) ;

- le principal obstacle rencontré sur la voie de l'automatisation serait le niveau trop faible de l'activité économique, qui ne garantirait pas l'utilisation intensive et donc la rentabilité de nouvelles machines, nécessairement coûteuses ;

- enfin, même si la rentabilité de l'investissement paraît théoriquement garantie, il se situe à un niveau élevé et pose des problèmes de trésorerie et de crédits particulièrement difficiles à résoudre pour les PMI (qui peuvent obtenir des facilités de crédit, mais se plaignent des conditions administratives auxquelles elles sont liées (6).

On peut constater que, jusqu'ici, cette analyse s'est placée sur un terrain purement technico-économique, ce qui pose une question importante par rapport au thème de l'étude : le facteur humain joue-t-il un rôle négligeable, ou bien est-il trop négligé par le discours de nos interlocuteurs ?

A ce stade, il serait prématuré de tenter de répondre à une question aussi globale, mais on peut s'efforcer de préciser les données du problème en cherchant à déterminer les interrelations entre gestion économique et gestion de main-d'œuvre.

**La rentabilité est liée au temps d'utilisation, donc au travail posté**

La rentabilité des équipements automatisés est naturellement liée à leur temps d'utilisation : leur coût plus élevé peut être compensé (indépendamment des autres facteurs déjà mentionnés) par une utilisation plus intensive. Ceci pose deux questions : celle de la diminution des temps morts et celle du travail de nuit.

Les machines automatiques étant plus complexes, peuvent présenter, au moins dans une première phase, un risque de multiplication des pannes et d'accroissement des temps morts. Ce problème difficile nécessiterait une étude approfondie qui fera ailleurs l'objet d'autres développements. On y reviendra plus loin, mais il est clair que la qualification de la main-d'œuvre, notamment celle qui est affectée à la maintenance, peut jouer un rôle important dans la limitation des temps morts dûs aux pannes. L'absence de main-d'œuvre qualifiée pour faire face aux nouveaux problèmes posés par la commande numérique et les automatismes peut même être considérée comme un obstacle possible vis-à-vis de l'acquisition de ce type d'équipement.

Une autre manière de réduire les temps morts consiste à rechercher une optimisation de l'affectation des pièces aux machines en fonction de leur disponibilité et de leurs caractéristiques. C'est, avec l'automatisation de la manutention, l'un des objectifs que vise l'atelier flexible. Ce sujet fera également l'objet d'autres développements. On mentionnera seulement qu'ici encore, la gestion économique paraît très liée à la gestion de la main-d'œuvre, une qualification et une motivation insuffisantes risquant de limiter l'efficacité du système — si automatisé soit-il.

De manière presque constante, au sein des entreprises observées, les machines automatisées étaient utilisées plus longtemps que les autres. Au moment de l'enquê-

(5) Le plan machine-outil, cité par le rapport au Conseil économique et social, *op. cit.*, prévoyait une croissance annuelle entre 1981 et 1985 de 45 % par an du parc de MOCN, soit un parc total de 26 500 machines à la fin de la période, soit le sixième de celui du Japon.

(6) Une enquête de 1980 auprès des PME montrait que les principaux freins à l'automatisation étaient : le coût d'acquisition très élevé (77 % des répondants), la difficulté d'amortissement (60 %) et la difficulté de financement (60 %). Cf. « Les PMI : à petits pas ». Sondage *Industries et techniques - Crédit d'équipement des PME. Industries et Techniques*, n° 441. 31 Déc. 1980. pp. 7 à 12.

te, environ la moitié des établissements utilisait ses machines conventionnelles à la journée et ses machines à CN en 2 x 8. L'autre moitié utilisait les premières en 2 x 8 et les secondes en 3 x 8. Un seul cas d'utilisation de CN à la journée a été observé : il était considéré comme non rentable et transitoire, par suite du manque de commandes.

Bien entendu, ces indications doivent être interprétées avec prudence :

- d'une part, la relation entre coûts d'utilisation des équipements et coûts de main-d'œuvre peut varier considérablement suivant les équipements : dans certains cas de grosse mécanique, les premiers peuvent atteindre 2 000 F de l'heure, le coût de la main-d'œuvre, même de nuit, étant alors presque marginal ;

- d'autre part, la limitation du temps d'utilisation des équipements peut être liée :

- . soit, tout simplement, à la charge de travail, insuffisante pour nécessiter une démultiplication des équipes : dans les cas exceptionnels où les CN sont utilisées à la journée, c'est la principale explication, car on souhaite toujours qu'elles travaillent au moins en 2 x 8 ;

- . soit à des calculs économiques : pour certaines entreprises, compte tenu des coûts additionnels du travail de nuit, la rentabilité des 3 x 8 n'est pas assurée, pour d'autres, elle l'est (cette divergence de points de vue pouvant peut-être s'expliquer par des différences de modes de calcul aussi bien que par des différences objectives de situation) ;

- . ou bien encore à des considérations sociales : soit que l'entreprise ne souhaite pas imposer à sa main-d'œuvre des conditions de travail défavorables, soit que la main-d'œuvre ne soit pas disposée à les accepter. Ces données sont liées à des choix politiques propres aux directions d'entreprises, mais sans doute aussi aux spécificités des marchés du travail. On peut penser par exemple que la main-d'œuvre de la région parisienne récuse le travail de nuit plus encore que dans les autres régions (où l'on y est plus ou moins bien résigné).

L'équilibre actuel est de toute manière instable et sera nécessairement remis en cause :

- par l'évolution de l'activité économique ;

- par la baisse de la durée du travail ;

- par l'automatisation qui commence déjà à rendre possible le fonctionnement des machines sans ouvrier pendant au moins une partie de la nuit. Ceci n'est naturellement possible que moyennant certains aménagements pour certains types de production (séries suffisantes, pièces pas trop complexes) et nécessite de la place. C'est la solution qui paraît tendre à se répandre au Japon.

Le cas des petites entreprises, évoqué dans une autre partie de cette étude, mériterait davantage de développements :

- d'une part, une enquête de 1980 déjà mentionnée (7) indiquait que pour 43 % des PME interrogées, l'automatisation nécessiterait un personnel qualifié qu'elles

---

(7) Cf. Industries et Techniques, 31 Déc. 1980, *op. cit.*

estimaient ne pas avoir ;

- d'autre part, on peut se demander si le faible niveau de formation des entrepreneurs eux-mêmes ne constitue pas un obstacle à l'automatisation. Comme on l'a déjà signalé, le fait que l'échantillon ait été limité à des entreprises ayant déjà franchi ce stade constitue une limite importante. Le cas d'une petite entreprise ayant commencé à s'équiper en commande numérique en 1973 alors que son responsable n'avait qu'un niveau CAP est assez exceptionnel si l'on considère les efforts qu'il a dû déployer pour se former lui-même et former ensuite son propre personnel.

Un autre élément de la gestion de la main-d'œuvre est susceptible de jouer un rôle par rapport au choix d'automatisation : c'est celui de la motivation des travailleurs vis-à-vis de cette évolution. Même en période de chômage important, les entreprises risquent d'être confrontées à un manque de main-d'œuvre si celle-ci refuse un certain type de travail ou de conditions de travail. Comme on le verra avec l'analyse plus détaillée des qualifications, l'automatisation peut avoir, à cet égard, des effets opposés :

- vis-à-vis des jeunes, le caractère plus intellectuel (ou moins manuel et moins pénible) du travail automatisé peut être susceptible de diminuer la prévention vis-à-vis du travail industriel ;

- au contraire, les professionnels confirmés sont susceptibles d'avoir la réaction inverse, leurs qualifications traditionnelles tombant en désuétude. En période de chômage, on peut penser cependant que les chances de départ de ces derniers sont faibles et que l'effet global de l'automatisation sur les disponibilités en main-d'œuvre peut être positif. Ceci pourrait constituer un argument favorable pour les entreprises qui, malgré la crise et compte tenu des données locales du marché du travail, continueraient à faire face à un manque de main-d'œuvre.

En résumé, il apparaît que si les problèmes de main-d'œuvre ne sont généralement pas mentionnés explicitement parmi les facteurs susceptibles d'influer sur la décision d'automatiser, ils peuvent néanmoins jouer un rôle plus ou moins indirect. De toute manière, la composition initiale de la main-d'œuvre est un élément dont tiennent compte les politiques de qualification et d'organisation liées à l'automatisation, qui partent nécessairement des situations acquises au point de départ, comme on le verra plus loin.

Mais le problème des motivations est également lié au choix des politiques d'entreprises et l'on verra que celui-ci reste relativement ouvert.

On notera enfin, bien que cette conclusion n'apparaissent pas directement à partir de l'enquête, dont ce n'était d'ailleurs pas l'objectif, les indications fournies par une enquête récente concernant l'informatisation et l'automatisation dans leur ensemble et suivant lesquelles : « (...) les principales difficultés d'un processus d'informatisation sont d'ordre humain : difficulté d'adopter d'emblée un « voleur de travail » en particulier dans les zones où sévit le chômage ; incapacité d'adaptation à de nouvelles méthodes de travail (...) autrement dit, les freins à priori sont d'abord d'ordre psychologique » (8). On peut penser que la formation et, plus généralement, le facteur humain peuvent jouer un rôle indirect, mais important, dans l'adoption et l'utilisation des technologies nouvelles, ne serait-ce que parce que les entreprises doivent nécessairement tenir compte du potentiel humain dont elles disposent. Mais peut-être ce facteur joue-t-il davantage au stade des conditions de mise en œuvre qu'à celui des choix initiaux, qui sont plus économiques ? On y reviendra donc au troisième chapitre.

(8) Cf. Industries et Techniques, spécial 500, op. cit., p. 31.

## CHAPITRE 2

### ORGANISATION, TRAVAIL ET QUALIFICATION

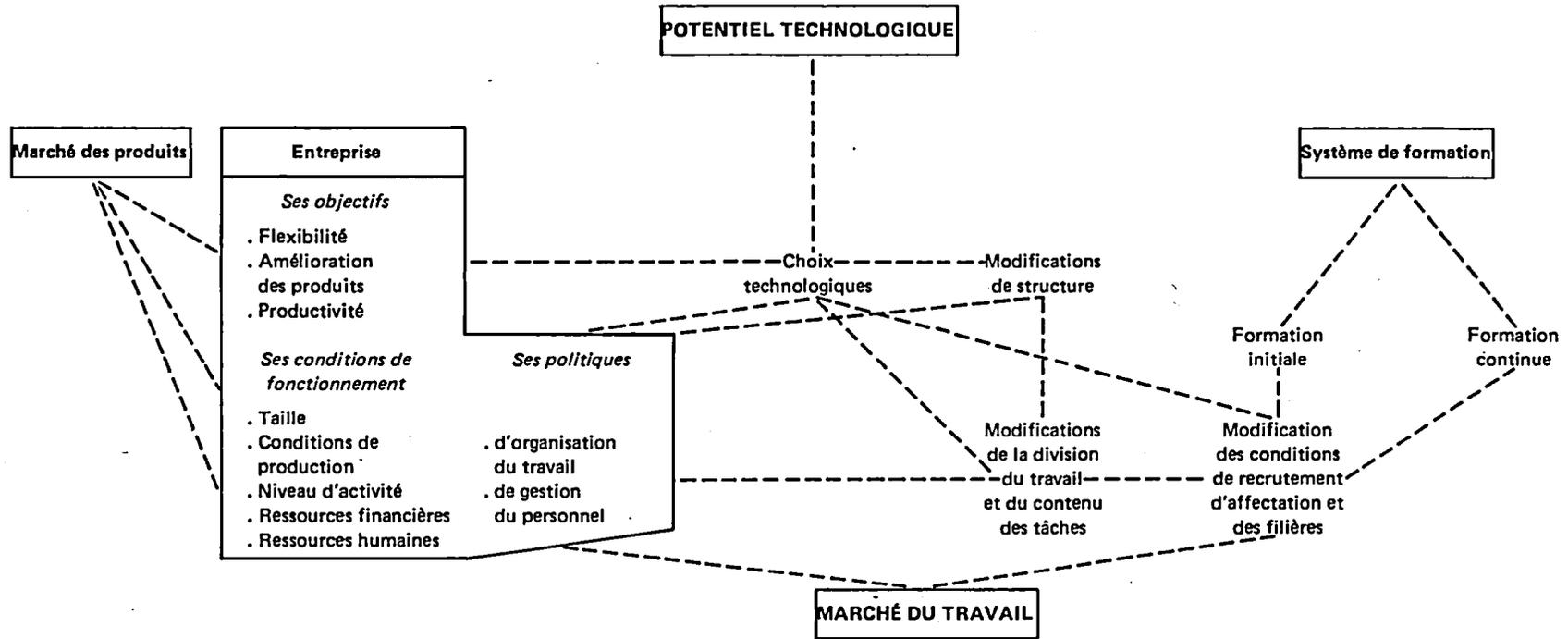
La première partie de cette analyse était consacrée aux conditions d'adoption du principe de l'automatisation. Elle a conduit à inverser en quelque sorte la question initiale «pourquoi certaines entreprises s'automatisent-elles ?» pour poser la question «pourquoi d'autres ne s'automatisent-elles pas ?». Étant entendu, cependant, que cette appréciation est subjective et reflète l'opinion des responsables d'entreprises, dont il n'est pas possible d'analyser précisément le bien fondé.

L'impact de l'automatisation peut être observé à deux niveaux distincts, sans être indépendants :

- celui des structures de l'entreprise ;
- celui de la division du travail entre les individus et de la définition de leurs tâches.

Mais auparavant, il convient de préciser cette notion d'impact de l'automatisation. En effet, les observations effectuées confirment l'hypothèse suivant laquelle la technologie n'est pas le seul facteur d'évolution de l'organisation du travail et de l'emploi. Elle interfère avec d'autres qu'il faut, dans un premier temps, définir pour ensuite apprécier leurs poids respectifs.

**Schéma 3**  
Liaisons entre choix technologiques, travail et formation



## 1. VUE D'ENSEMBLE SUR LES LIAISONS ENTRE TECHNOLOGIE, ORGANISATION ET TRAVAIL

Le schéma 3 cherche à montrer les interrelations entre :

- le contexte dans lequel se situe l'entreprise, caractérisé notamment par les marchés des produits, des technologies et du travail ;
- les politiques adoptées par les entreprises pour utiliser ce contexte : politique commerciale, d'investissement, d'organisation et de gestion du personnel ;
- les conditions de production résultant de ces politiques ;
- et l'impact de ces conditions sur la structure organisationnelle, sur la division du travail, le contenu des tâches et enfin sur les caractéristiques de la main-d'œuvre.

On notera que chacun de ces derniers éléments dépend pour partie (mais pour partie seulement) du précédent : le mode de division du travail (entre les individus) et le contenu des tâches sont liés à l'organisation générale de l'entreprise, mais celle-ci ne suffit pas à les expliquer ; de même, les caractéristiques de la main-d'œuvre sont pour partie déterminées par la division du travail et le contenu des tâches, mais aussi par d'autres éléments : le marché du travail et la politique de l'entreprise. Enfin, il faut souligner que ces liaisons ne s'établissent pas toujours à sens unique et que la possibilité d'une rétroaction (des caractéristiques de la main-d'œuvre vers le contenu des tâches et l'organisation) existe.

### 1.1. Les facteurs liés aux conditions de production

Il est maintenant possible de passer plus concrètement en revue les différents facteurs constituant les conditions de production, dans le contexte actuel de développement de l'automatisation.

#### *a) La définition du produit*

Cet aspect n'est mentionné ici que pour mémoire, puisqu'il est traité de manière plus approfondie à propos du développement de la CAO. On notera seulement que plusieurs situations sont possibles :

- l'entreprise n'a pas la maîtrise de son produit qui est défini par un donneur d'ordre, pour lequel elle fait de la sous-traitance ;
- l'entreprise fabrique en série une gamme restreinte de produits et la définition du produit joue un rôle faible ;
- l'entreprise fabrique à l'unité ou en petite série des produits diversifiés et la définition du produit joue un rôle important, ce qui peut impliquer :

- . sur le plan organisationnel, le développement d'une structure fonctionnelle spécifique, qui peut ne pas exister dans le premier cas et rester embryonnaire dans le second ;

. sur le plan technique, l'utilisation de moyens performants tels que la CAO.

Bien entendu, ces éléments sont liés aux suivants, qui concernent les conditions de production.

*b) Les conditions économiques : grande et petite séries*

La distinction entre production unitaire ou en petite série, d'une part, et en grande série, d'autre part, a traditionnellement une forte influence sur la division du travail, le contenu des tâches et la qualification ; et ceci pour deux raisons :

– Dans le premier cas (jusqu'à l'introduction de la commande numérique) les méthodes de fabrication et surtout les modes opératoires détaillés étaient largement laissés à l'initiative de la fabrication et, à l'intérieur de celle-ci, à l'opérateur sur machine. Il n'était pas considéré nécessaire, ni rentable, de passer beaucoup de temps à faire une préparation préalable minutieuse qui n'apportait pas grand-chose à une fabrication, de toute manière assurée par un opérateur qualifié.

– Dans le cas de la grande série, au contraire, il est nécessaire de garantir l'homogénéité des conditions de production. Un investissement initial dans une préparation détaillée, permettant en particulier de gagner du temps, est rentabilisé sur un grand nombre de pièces. Les modes opératoires détaillés sont donc définis par un service «méthodes» et l'autonomie de la fabrication est réduite. L'autonomie de l'opérateur l'est plus encore, dans la mesure où un régleur, seul qualifié, est aussi seul compétent pour effectuer les opérations complexes (réglages) et pour résoudre les problèmes éventuels. A contrario, l'ouvrier de production est cantonné dans des tâches répétitives d'alimentation et de déchargement de la machine, de surveillance et, éventuellement, de contrôle simple.

– Cette division du travail est aussi liée au fait que, sur les grandes séries, la proportion de tâches complexes et qualifiantes (réglages) est beaucoup plus faible, puisqu'elles n'interviennent normalement qu'au moment des changements de série – rares par définition.

L'une des questions posées par l'introduction de la commande numérique est de savoir dans quelle mesure cette distinction fondamentale est remise en cause.

*c) Les conditions techniques : les équipements (suivant les générations et les types de machines, la commande numérique ne joue pas dans le même sens)*

Du point de vue du travail et de la qualification, on constate que le fait d'appartenir à la catégorie «machine-outil à commande numérique» n'est pas suffisamment significatif. Suivant les générations et les types de machines, l'impact est différent, sinon contradictoire.

La conception de base de ces machines implique une mise au point préalable, rigoureuse et détaillée des méthodes de fabrication et des modes opératoires. Par là, elle est de nature à mettre en cause la distinction précédemment établie entre grande série (avec prédétermination de ces éléments) et petite série (sans prédétermination). Cette conception technique est de nature à favoriser les modes de division du travail consacrant une séparation entre préparation et exécution (organisation de type taylorien).

Mais, partant de ce point, deux évolutions techniques se poursuivent simultanément, avec des possibilités opposées :

— La CNC permet — techniquement — de réagréger ces deux séries d'opérations, surtout avec les dernières générations des programmes élaborés simplifiant considérablement le travail de programmation. La limite économique d'utilisation de ce potentiel technique tient au fait que la machine ne produit pas en cours d'élaboration du programme. Mais cette limite pourrait être levée lorsque seront commercialisés (prochainement) les dispositifs permettant de programmer en temps masqué, tout en continuant l'usinage.

Commencent également à être commercialisées des machines équipées de dispositifs tendant à banaliser la programmation, sans passer par un langage technique élaboré. Avec la commande numérique directe en sens inverse, l'ordinateur commandant les machines n'est pas sur le site et se trouve habituellement intégré au service «méthodes». Mais ceci peut être tempéré par un dispositif mixte, comportant aussi un calculateur intégré à la machine.

Néanmoins, il ne s'agit là que d'un potentiel offert par la technologie des équipements, qui n'est nullement déterminante.

Une autre caractéristique des équipements doit être prise en considération : c'est leur complexité, que l'on peut définir essentiellement par le nombre d'axes de la machine. Celui-ci est très lié aux caractéristiques des produits à usiner, et notamment à la complexité de leur forme.

#### *d) Conditions techniques : les produits et les processus*

Ces facteurs se rapportant aux conditions de détermination du produit, jouent peu sur la structure organisationnelle, mais davantage sur la division du travail et surtout sur la qualification. On peut dire que si, globalement, les industries mécaniques et électriques se distinguent des industries de première transformation par une plus grande maîtrise des processus et une plus grande prévisibilité des résultats, des différences non négligeables subsistent suivant les produits. Sont notamment à prendre en considération :

- la complexité du dessin des pièces, liée, comme on vient de le dire, à celle des équipements utilisés et à leurs conditions d'utilisation, l'un des critères étant le nombre d'axes mis en jeu (point à point, paraxial, contournage, usinage de surfaces gauches) ;

- la plus ou moins grande standardisation et prévisibilité des conditions d'usinage (les cotes des pièces de métal brut de fonderie ne sont pas encore très précises et il existe des surépaisseurs variables ; le programme d'usinage peut en tenir compte dans une certaine mesure) ;

- les exigences de qualité, notamment le degré de tolérance et l'état de surface ;

- la dimension des pièces, elle-même liée aux facteurs précédents (le degré de tolérance ne peut être le même pour une petite pièce et une très grande) ; les conditions d'usinage sont plus imprévisibles pour cette dernière (phénomènes de vibration, etc.) ;

- enfin, un dernier critère est lié à la fois aux précédents et (on l'a vu) à la

longueur des séries, c'est la répartition du temps entre les opérations de réglage, de montage, et de surveillance de la coupe (opérations plus ou moins complexes et «qualifiantes»).

Il faut cependant souligner que ces critères sont très difficiles à préciser et à évaluer. La notion de complexité de pièce est très relative et chaque entreprise a un peu tendance à présenter sa production comme complexe, et il est très difficile à l'observateur de les positionner les unes par rapport aux autres. Ceci peut, peut-être, expliquer pourquoi les opinions sur la valeur de ces critères varient : pour certains, la notion d'imprévisibilité est dépassée alors que pour d'autres, elle reste très importante. Mais parlent-ils bien de la même production ?

## 1.2. Le rôle des politiques d'entreprise

Même combinés, ces facteurs techniques et économiques ne suffisent pas encore à déterminer des modes de division du travail et des structures de qualification. Les entreprises disposent en plus d'une certaine marge de choix en fonction de leur politique du personnel qui peut, elle-même, être influencée mais non totalement prédéterminée par les facteurs précédents, ainsi que par l'état du marché local du travail.

A cet égard, on peut définir deux orientations opposées que l'on peut intituler «taylorienne» et «anti-taylorienne».

La première est clairement exposée par un responsable des moyens de fabrication d'une entreprise moyenne suivant lequel : *«l'ouvrier de production, celui qui conduit la machine, n'a pas à se poser de questions. Tout a dû être préparé en amont, grâce aux méthodes et à l'encadrement (...) On demande seulement à l'ouvrier d'assurer sa production et ses temps de production. S'il est professionnel, avec la qualité, mais sinon, il n'en est pas responsable»*. Autre point de vue dans le même sens : *«la préparation étant presque parfaite, on a démystifié la partie technique d'une pièce. A la limite, on pourrait n'avoir que des O.S., mais alors on aurait des problèmes sociaux»*.

La deuxième politique consiste, au contraire, à laisser à l'opérateur sur machine le maximum de responsabilité et d'autonomie, si possible en le chargeant à la fois de la programmation de la machine et de la surveillance de la fabrication. Le responsable d'une entreprise ajoute : *«on perdra un peu sur le temps de production – car pendant ce temps la machine ne tournera pas – mais ce sera tellement valorisant pour l'opérateur qu'on y gagnera par derrière»*.

Ayant ainsi passé en revue les différents facteurs, on peut examiner comment, concrètement, ils se conjuguent pour déterminer :

- la structure des organisations ;
- la division du travail et le contenu des tâches ;
- et, ultérieurement, les profils de recrutement et de carrière de la main-d'œuvre.

## 2. LES STRUCTURES ORGANISATIONNELLES

### 2.1. L'automatisation n'est qu'un facteur parmi d'autres de l'évolution des structures organisationnelles

Les évolutions technologiques s'inscrivent dans un contexte organisationnel défini, susceptible d'évoluer pour des raisons tout-à-fait indépendantes. Il faut donc se demander si l'introduction de la commande numérique a été un facteur principal de changement ou si elle a contribué à infléchir des tendances pré-existantes.

En ce qui concerne l'échantillon étudié (et sans qu'on puisse prétendre à sa représentativité) une tendance a été fréquemment observée : Les grandes organisations à structure pyramidale tendent à éclater en organisations plus petites, spécialisées par produit et rassemblant chacune les différentes fonctions nécessaires à la réalisation de ce produit. Cette évolution peut se produire au niveau des entreprises ou des établissements, ou même à un niveau beaucoup plus bas, par la constitution d'îlots de travail regroupant des équipes, parfois restreintes, de quelques individus ayant une unité d'objectifs et jouissant éventuellement d'une certaine autonomie.

Corrélativement, mais de façon moins nette, on peut discerner dans certains cas une modification, voire un affaiblissement du rôle de la maîtrise.

Il ne faudrait pas en conclure pour autant à une remise en cause généralisée du taylorisme, dont on peut penser au contraire que, globalement, il a continué à progresser dans l'économie française malgré une abondante littérature critique et quelques expériences de remise en cause. On constate, par exemple, dans une des entreprises visitées, un effort récent de rationalisation lié à la recherche d'une production en plus grande série qui a pour effet de renforcer les «méthodes» au détriment de l'autonomie de l'atelier.

Quel est l'impact de la diffusion de la commande numérique sur ce contexte ? On a vu que, dans son principe initial, elle tendait à faire émerger une fonction de programmation distincte de la fabrication. Cette fonction est-elle formalisée par des structures spécifiques dans les organigrammes ? Le fonctionnement des structures, y compris la fabrication et la maintenance, est-il affecté ?

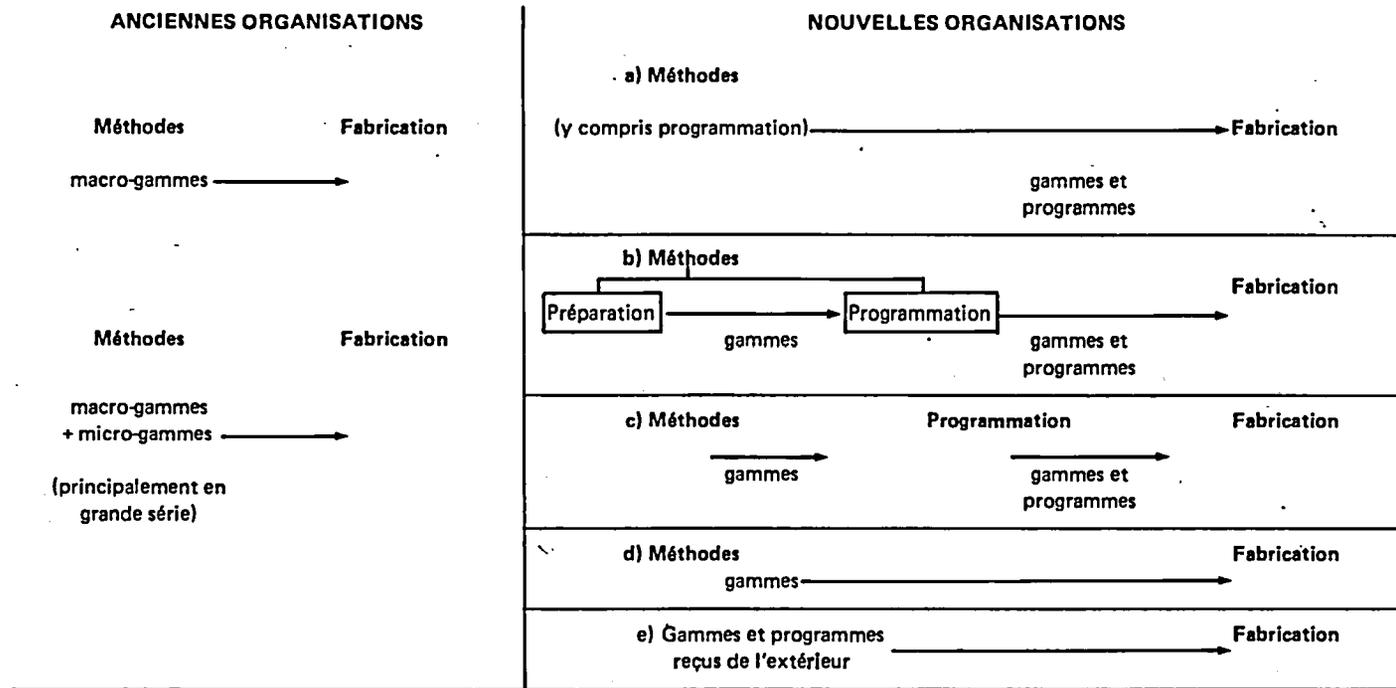
### 2.2. L'apparition d'une fonction nouvelle de programmation peut être associée avec des structures organisationnelles variables

L'existence d'une fonction de programmation ne signifie pas obligatoirement l'apparition sur l'organigramme d'une structure spécifique. On verra que toutes les situations sont possibles, en liaison avec un autre facteur : la taille de l'entreprise.

Les situations rencontrées peuvent être ramenées à cinq types (cf. schéma 4) :

— Suivant le premier, la programmation des machines à commande numérique constitue bien une fonction nouvelle et distincte de la fabrication. Mais elle est totalement intégrée avec les «méthodes» aussi bien au niveau des structures que des individus. Ceux-ci sont complètement polyvalents et peuvent faire indifféremment leur travail traditionnel de préparation globale des grandes séquences d'opérations (macro-

Schéma 4



grammes) et une préparation détaillée en langage codé qu'ils ne faisaient pas auparavant : la programmation de la machine, généralement avec une assistance informatique.

Cette situation peut être observée indifféremment dans des entreprises de grande taille et de taille moyenne. Le cas limite est constitué par de très petites entreprises dans lesquelles un seul responsable (patron, gérant ou technicien) assume à lui seul l'ensemble de ces responsabilités.

Une variante assez fréquente correspond au cas où une partie seulement des préparateurs/agents de méthodes peut faire de la programmation, souvent parce que les autres ont rencontré des difficultés d'adaptation à la commande numérique (voir qualifications et profils de recrutement). Dans ce cas, la spécialisation «préparation» ou «programmation» ne résulte pas d'un choix organisationnel, mais d'une situation de fait. On notera au passage qu'à ce stade, les préparateurs font essentiellement des «macro-gammes» définissant les grandes phases de travail mais peuvent aussi faire des gammes détaillées (micro-gammes) pour les machines conventionnelles qui, bien entendu, coexistent toujours avec les commandes numériques. Le rôle des programmeurs est, au fond, assez comparable (préparation de micro-gammes).

— Suivant une deuxième situation, intermédiaire, un service «méthodes» unique comporte des divisions ou groupes de travail spécialisés, dont l'un est exclusivement chargé de la programmation de la commande numérique. Dans ce cas, il est possible que les techniciens eux-mêmes soient spécialisés (préparateurs-programmeurs) ou, au contraire, polyvalents et interchangeable, soit en fonction de la charge de travail, soit par rotation systématique et régulière.

— Le troisième cas de figure correspond à la séparation complète du service méthodes/préparation et de l'unité chargée de la programmation des commandes numériques. Cette situation a été rencontrée dans une grande entreprise organisée par lignes de produits et réalisant des produits très complexes. La préparation reste au sein de chaque division «produits», tandis que la programmation est rattachée à un service commun : «équipement et progrès».

— Le cas suivant se situe à l'opposé : c'est celui selon lequel la programmation ne constitue pas une fonction distincte de la fabrication, étant assumée soit par un régleur, soit par un opérateur sur machine. Elle n'a été observée que dans des petites entreprises ne fabriquant que des pièces simples exigeant peu de temps de programmation.

— Enfin, la dernière situation possible est celle des entreprises de sous-traitance qui n'exercent pas elles-mêmes la fonction programmation, soit parce qu'elles reçoivent directement les programmes de leur donneur d'ordres, soit parce que ceux-ci sont élaborés à l'extérieur par une entreprise spécialisée. Cette situation est encore exceptionnelle pour des raisons techniques : l'hétérogénéité des systèmes de commande fait que n'importe quel programme ne peut pas passer sur n'importe quelle machine. Mais elle est susceptible de se développer, soit parce que les donneurs d'ordres y verraient un moyen de s'assurer de la conformité des conditions d'usinage à leurs exigences, soit parce que les sous-traitants pensent y trouver une facilité. Mais les conséquences risquent d'être graves pour leur autonomie et pour la qualification de leur personnel.

### 2.3. Ces structures organisationnelles sont évolutives

Il est intéressant d'observer quelques évolutions par rapport à ces situations-types :

- une entreprise a commencé par ne pas distinguer les problèmes de programmation au sein du service «méthodes». Puis elle a rencontré des difficultés pour la bonne utilisation et l'acceptation de la commande numérique (résistance au changement de la part de l'encadrement). Dans une deuxième étape, elle a chargé un spécialiste de tous les problèmes touchant aussi bien à la programmation qu'au suivi de la commande numérique, problèmes dépendant jusqu'ici de trois contremaîtres différents. Dans une troisième étape, on revient à une distinction plus nette entre méthodes et fabrication, mais sans la coupure qui existait précédemment. On distingue désormais au sein des «méthodes» : les méthodes générales (incluant les gammes de fabrication et l'étude des temps) et les méthodes d'atelier (chargées de la recherche des gains de productivité, des problèmes d'outillage et de la programmation CN) ;

- dans une autre entreprise (de grande taille), il y avait auparavant deux services distincts : l'un chargé des gammes et l'autre des outillages, ce qui créait de nombreux problèmes à la direction. Depuis quelques années il n'y a qu'un service préparation avec une double structure :

. par type de technologie et phase de fabrication (c'est la principale). A ce titre, il comporte une section usinage au sein de laquelle les préparateurs sont polyvalents et s'occupent aussi bien des outillages que de la programmation (considérée comme un outillage parmi d'autres) ;

. par produit : un préparateur est spécialement chargé du suivi technique et budgétaire pour chaque type de produit, à travers les différents types de technologies et les phases de fabrication ;

- une autre grande entreprise est en train de faire éclater son service méthodes par ligne de produits, avec tous ses éléments, y compris la programmation ;

- une autre a suivi la démarche presque inverse : alors que dans une première phase, la programmation était attachée à une ligne de produits déterminée, l'extension de la commande numérique à l'ensemble des divisions «produits» a conduit à créer un service commun, mais distinct des «méthodes», suivant le troisième modèle-type ;

- enfin, on mentionnera pour mémoire le cas limite d'une moyenne entreprise illustrant une situation en quelque sorte «pré-taylorienne» : jusqu'à ces dernières années, elle n'avait pas de service «méthodes» structuré, ce qui était lié à une assez grande stabilité du produit et impliquait une autonomie poussée de la fabrication. Elle vient seulement d'adopter ce type de structure, dans laquelle les préparateurs sont en même temps programmeurs.

#### **2.4. En maintenance, le maintien des structures est fréquent, mais pas général**

Le développement de la commande numérique et plus généralement, des automatismes, pose deux types de problèmes nouveaux susceptibles d'avoir une incidence sur les structures :

- d'une part, comme on le verra, une nouvelle hiérarchie des qualifications émerge : à côté des qualifications traditionnelles en mécanique, électricité et électromécanique, des compétences en électronique sont nécessaires dans certains cas. Mais elles ne touchent qu'une partie des équipements et qu'une fraction minoritaire des panes, ce qui pose le problème de l'occupation à plein temps d'un ou de plusieurs électroniciens ;

- d'autre part, l'évolution rapide de la technologie, le coût accru et la com-

plexité croissante des équipements posent des problèmes nouveaux concernant leur obsolescence, leur adaptabilité éventuelle et leur utilisation optimale. Ces problèmes impliquent l'émergence d'une fonction dont les contours sont encore imprécis ; fonction liée à la maintenance mais qui couvre un cadre plus large.

Le problème de la maintenance proprement dite faisant l'objet d'une étude distincte, on ne présentera que de manière succincte les solutions observées pour résoudre ces différents problèmes.

— Dans une grande entreprise au moins, une nouvelle structure vise à répondre à la fois aux deux problèmes posés. Cette entreprise comporte une organisation par produit, chaque département «produit» comportant les différents services fonctionnels, sauf ceux qui concernent la maintenance et l'équipement. Ces activités sont rattachées à un service central baptisé «équipement et progrès» et chargé également (on l'a vu) de la programmation.

Ce service comporte deux niveaux :

- au niveau central, une équipe, comprenant notamment des électroniciens, s'occupe à la fois des dépannages ponctuels et difficiles nécessitant ce type de compétence et des aménagements ou installations d'équipements. Elle travaille notamment sur des automates programmables ;

- au niveau des départements «produits», le service détache en permanence des équipes de maintenance plus traditionnelles, à dominante électromécanique.

Ce dispositif permet notamment l'utilisation optimale des compétences en électronique et l'équilibrage des charges de travail entre maintenance et aménagement. Il ne peut évidemment se justifier que pour d'assez grandes organisations.

— A l'extrême opposé, les petites entreprises n'ont pas la possibilité d'assumer ces fonctions par leurs propres moyens. Une solution consiste à passer un contrat de maintenance avec le constructeur au-delà de la période de garantie.

— La situation la plus fréquente semble consister à maintenir les structures existantes (généralement un service central de maintenance) en élargissant éventuellement leurs fonctions aux problèmes d'adaptation des équipements. Les problèmes se posent moins en termes de structure que de qualifications.

Ce sont d'ailleurs moins des changements dans les structures que dans les conditions de fonctionnement des organisations qu'apporte l'automatisation.

## **2.5. L'automatisation affecte plus le mode de fonctionnement des organisations que les structures**

En effet si importantes soient-elles, les structures organisationnelles et leurs évolutions n'expliquent pas tout : il faut encore voir comment elles fonctionnent. A cet égard, le développement de la commande numérique, d'une part, de la CAO, d'autre part, semble renforcer une tendance déjà esquissée dans certaines entreprises au découplage des fonctions.

La nécessité d'une approche globale, rigoureuse et systématique entre les études et les méthodes, le fait que la CAO produise des dessins de pièces directement utilisables pour la programmation qui n'a plus à les refaire, enfin la similarité des méthodes et des techniques favorisent les rapprochements. De plus en plus, le bureau

d'études est amené à (ou devrait) penser aux conditions de fabrication des pièces qu'il conçoit.

Les rapprochements sont encore plus nets entre préparation et fabrication du fait que le programmeur participe généralement au test sur machine de son programme et à la réalisation de la première pièce, en liaison avec l'opérateur et/ou le régléur. L'intégration des deux fonctions se trouve *de facto* très avancée et on peut se demander dans quelle mesure ce processus ne tend pas à court-circuiter la maîtrise qui avait auparavant la possibilité de contester ou de remettre en cause les documents préparés par les «méthodes».

Dans certaines entreprises et pour des pièces très complexes, il n'y a pas court-circuit mais concertation systématique entre préparateur, programmeur, agent de maîtrise et opérateur sur machine à différents stades de préparation et de mise en route de l'usinage.

De même, le dialogue entre la maintenance et la fabrication est de plus en plus recherché. Une fonction d'aide au diagnostic est demandée à cette dernière et, en particulier, aux opérateurs sur machine.

Ces quelques observations confirment le constat établi par Y. Lucas dans un ouvrage récent (1) : «*La transmission rapide des informations accroît le contact et les échanges et oblige à repenser le principe hiérarchique d'organisation*».

---

(1) Y. LUCAS, *L'automation*, Paris : PUF, 1982.

### 3. DIVISION DU TRAVAIL, CONTENU DES TÂCHES ET QUALIFICATION

Il s'agit maintenant d'examiner comment, à l'intérieur des structures ainsi définies, les activités individuelles et les tâches se trouvent éventuellement modifiées par l'automatisation.

On pourrait distinguer l'élaboration des logiciels, la programmation, l'usinage et la maintenance. Cette dernière ne sera pas étudiée ici.

#### 3.1. L'élaboration des logiciels est un investissement important, mais exceptionnel

L'élaboration des logiciels a constitué un investissement important pour la mise au point des dispositifs de programmation «automatique» ou «assistée». Cet investissement a été fait, soit par des organismes spécialisés en France (Agence nationale pour le développement de la production automatisée (ADEPA), Centre d'étude technique des industries mécaniques (CETIM, CECN industrie), soit par des entreprises étrangères. Quelques grandes entreprises utilisatrices ont apporté elles-mêmes des aménagements à ces programmes qui continuent à évoluer. Il s'agit d'un travail de haut niveau (impliquant des ingénieurs ayant une formation mécanique plus une compétence informatique), mais n'exigeant globalement qu'un nombre restreint de spécialistes.

#### 3.2. En programmation et en usinage, on observe quatre formes principales de division du travail

Le schéma 5 résume les observations en entreprise présentées succinctement dans le tableau p. 32 plus détaillé. Il fait apparaître quatre situations-types plus une variante.

— La première situation est celle qui prévaut dans l'usinage traditionnel : le préparateur transmet des gammes de fabrication plus ou moins détaillées à un agent de maîtrise qui les fait exécuter par un opérateur. Comme on l'a vu, le facteur important est ici la longueur des séries qui conditionne essentiellement la qualification de l'opérateur et l'existence éventuelle d'un régleur.

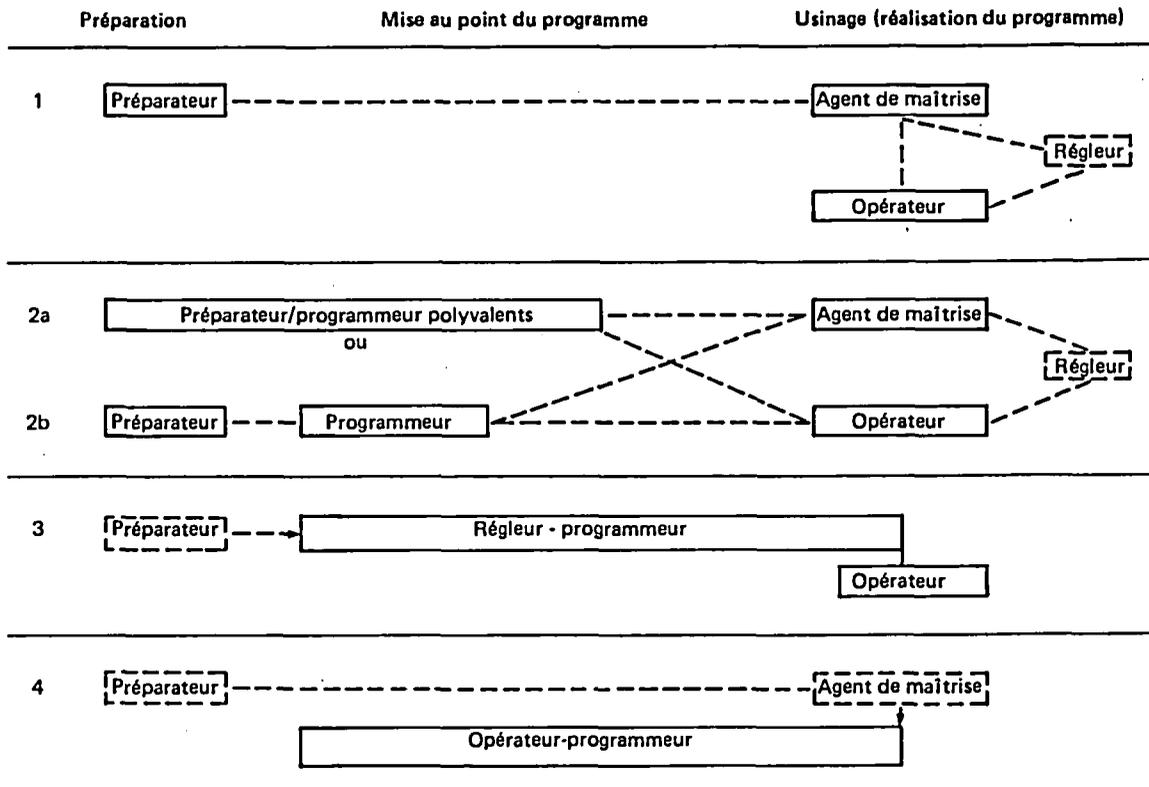
— La deuxième situation est de loin la plus fréquente parmi les entreprises observées : le travail de préparation du programme et sa réalisation (l'usinage) sont nettement distincts. Autre différence avec la situation antérieure : un contact direct est cependant établi, le plus souvent, entre le responsable du programme et l'opérateur (au moment de l'essai du programme), indépendamment de l'agent de maîtrise qui n'est plus la courroie de transmission obligée.

Le responsable du programme peut être soit la même personne que le préparateur, soit une personne distincte. Le choix entre ces deux possibilités peut être fonction :

- soit du degré de technicité de la programmation, lié à la complexité des pièces : si celle-ci est grande, des spécialistes de plus haut niveau sont nécessaires ;

- soit de la disponibilité en main-d'œuvre qualifiée et de la politique de l'entreprise en matière de gestion du personnel (facteur qui n'est pas indépendant du

Schéma 5  
Division du travail et emplois



précédent). Dans ce cas, l'entreprise crée des emplois distincts de « programmeurs » (2) dans la mesure où elle ne dispose pas du personnel ayant le profil qu'elle estime nécessaire ;

- soit de l'organisation générale qui, on l'a vu, peut ou non, séparer la préparation et la programmation. Cette organisation générale peut elle-même résulter d'un choix de principe ou simplement être le reflet de la division du travail entre individus.

Bien entendu, tout ceci est lié à la taille de l'entreprise : en général, plus elle est petite, moins il y a spécialisation.

Au sein de cette seconde situation, on note une variante : l'existence d'un régleur entre l'agent de maîtrise et l'opérateur. Elle n'a été observée que dans une seule entreprise. On peut se demander s'il ne s'agit pas d'une survivance historique que ne justifient plus les nécessités actuelles du travail. Elle implique que l'opérateur soit cantonné dans des tâches d'exécution, donc fortement déqualifié. Dans les autres entreprises, le passage à la commande numérique incite à chercher une reconversion pour les régleurs qui s'occupaient auparavant des machines automatiques.

— La troisième situation (régleurs-programmeurs) n'a été observée que dans quelques petites entreprises. Ici, le régleur n'est pas un intermédiaire entre la maîtrise et l'opérateur au sein de la fabrication. Il assure d'abord la fonction technique du programmeur et joue en plus un rôle de suivi de la fabrication, équivalent à celui d'un

(2) Comme on l'a noté, ce terme couramment utilisé est impropre car il peut donner l'impression qu'il s'agit d'emplois de l'informatique, ce qui n'est nullement le cas.

chef d'équipe. Le lien entre programmation et fabrication est renforcé, mais rien n'est changé pour l'opérateur. Ces régleurs font généralement de la programmation manuelle, ce qui implique la fabrication de pièces relativement simples.

On peut rattacher à ce cas-type celui des petites entreprises avec un patron ou un technicien unique, mais très polyvalent, qui assure à lui seul les fonctions méthodes, programmation et suivi de la fabrication.

— Dans la quatrième situation : la programmation directe peut se faire par l'opérateur.

La responsabilité principale donnée à l'opérateur pour la programmation directe n'a été observée que dans très peu de cas. Il est important de chercher à analyser les facteurs favorables ou défavorables à cette situation. S'agit-il d'un problème de compétence technique ou d'un choix d'organisation ?

Pour les pièces les plus complexes, le problème de la compétence des opérateurs se pose, à la fois parce que leur programmation nécessite un niveau technique (et notamment une capacité d'abstraction) élevé et parce que cette programmation se fait avec l'aide de langages élaborés nécessitant un long apprentissage.

Pour les autres cas, il faudrait distinguer suivant le mode de programmation utilisé :

- si elle est manuelle, la compétence des opérateurs n'est pas en jeu. Ils ont presque toujours appris le code correspondant à leur machine et sont techniquement capables de faire un programme. Le problème posé est celui du temps, car ce système est assez lent, la programmation se fait en bureau et l'opérateur devrait être absent de l'atelier ;

- si l'entreprise utilise des machines CNC récentes, il est possible de faire usage des capacités importantes de leurs calculateurs et/ou des sous-programmes qui y sont intégrés. Beaucoup d'opérateurs en sont techniquement capables. La programmation est beaucoup plus rapide, mais elle se fait sur la machine qui, pendant ce temps, ne produit pas, or le temps machine coûte cher.

C'est pourquoi, bien que la programmation directe par l'opérateur soit un élément important d'enrichissement des tâches et de motivation au travail, cette solution est peu utilisée et dans des circonstances déterminées. L'une des entreprises observées en a adopté le principe pour les pièces simples nécessitant une programmation courte (pas plus de deux heures), les autres pièces étant programmées au bureau des méthodes.

Ce problème important de la programmation directe pourrait être résolu de deux manières :

- soit par une solution technique : les prochaines générations de CNC devraient permettre la programmation sur machine «en temps masqué». Rien n'empêcherait alors l'opérateur de faire lui-même la programmation d'une pièce pendant que la machine continue à usiner la précédente ;

- soit par une solution organisationnelle : il s'agirait de développer la rotation entre programmation et surveillance de l'usinage. Cette solution soulève actuellement une objection : la bonne utilisation des systèmes de programmation assistée nécessite non seulement un apprentissage, mais aussi une pratique régulière, poussant à la spécialisation.

**Caractéristiques de production, division du travail et qualification**

Entreprise	Effectif établissement	Équipement	Système de programmation	Caractéristiques de production	Politique de qualification	Division du travail	Qualification des opérateurs
1 A aéronautique	Plusieurs milliers	CN, CNC, CU	APT (nouveau à l'étude)	Séries de 20 à 30 pièces. Formes assez complexes. Tolérances poussées	Constat : l'opérateur a peu d'initiative	Préparateur fait aussi la programmation. Travaille sur la première pièce avec l'opérateur, qui ne peut modifier le programme, mais seulement les paramètres d'usinage	Maxi AF 2 (plus faible qu'en conventionnel)
1 B aéronautique		CN et CNC	APT et Computer vision (liaison avec CAO)	Très petites séries (3 à 6 pièces) répétitives. Temps d'usinage : 3 minutes à 1 heure 30 par pièce			
2 A gros équipements	2 500	Plusieurs dizaines de CNC et une DNC	PSI et MODAPT. Introduction CAO en cours	Production unitaire ou en très petite série de pièces de grande dimension et d'un coût très élevé. Formes parfois complexes	Les opérateurs doivent être très qualifiés compte tenu de leur responsabilité et des aléas auxquels ils doivent faire face	Préparateur, programmeur, maîtrise et opérateurs se concertent sur l'usinage. Opérateurs ont une certaine autonomie	Professionnels et TA
2 B matériel militaire	Un millier	7 tours et perceuses CNC	PROMO	Séries de 10 à 100 pièces. Pas de formes en 3 axes ou de profil courbe. Qualité 6-7. Tolérance 1/100è. Peu d'aléas venant de la qualité du métal	Travail sur CN ressenti comme acquisition de compétences jusqu'ici, mais à terme on peut craindre une perte	Une partie des préparateurs font en même temps la programmation, participent à l'usinage de la première pièce. Le programmeur fait ensuite le suivi d'usinage et les corrections d'outil	Comparable aux machines conventionnelles de P2 à TA (majorité P3)
4 A équipements industriels	500	4 tours CN (CNC ?)	PROMO avec table traçante	Séries de 2 à 15 pièces répétitives. Pièces de révolution diversifiées ; formes souvent non géométriques. Temps d'usinage par pièce : 1 heure	Donner aux opérateurs qualification, autonomie et responsabilité	3 «programmeurs» dont 1 travaille en manuel ; les opérateurs peuvent intervenir en cas d'aléa	Comme sur conventionnel ? (10 % OS, 35 % P1, 35 % P2 et 20 % P3)

Entreprise	Effectif établissement	Équipement	Système de programmation	Caractéristiques de production	Politique de qualification	Division du travail	Qualification des opérateurs
4 B équipements industriels	600	5 tours CNC 2 perceuses CNC CU en cours d'achat	Manuelle. Acquisition d'un système à l'étude	Séries de 5 à 100 pièces et plus renouvelables. Pièces de révolution, de surface toujours géométrique. Tolérance environ 3/1000. Temps d'usinage souvent inférieur au 1/1000 d'heure jusqu'à 20 minutes	Motivation et responsabilité	Préparateur polyvalent et programmeurs spécialisés. Éventualité de programmation par certains opérateurs envisagée	Principalement P1 et P2. Tous les niveaux prévus. P3 impliquera capacité de programmation. Globalement passage à la CN : élévation qualification
5 équipements mécaniques	400	11 tours CN et CNC 2 perceuses	Manuelle jusqu'à 1978 Depuis PROMO+ table traçante	Séries de 15 à 2 000 pièces. Formes assez simples. Tolérances souvent inférieures au 1/1000. Temps d'usinage de une minute à une heure	Volonté de valoriser le travail et limiter les tâches répétitives	Deux programmes spécialisés. Premier temps : opérateurs simples exécutants (sur CN). Deuxième temps : plus qualifiés que sur machine conventionnelle et doivent pouvoir programmer les pièces simples	
6 sous-traitance	33	4 fraiseuses et un tour CNC	Manuelle. Programmation automatique n'apporte rien de plus que les calculateurs CNC	Pièces très diversifiées, souvent séries répétitives de 100 par mois. Tolérances variables entre 1/1000 et presque micron	Opérateurs doivent jouir d'une grande autonomie	Programmation par le gérant, puis par deux régulateurs-programmeurs qui suivent la première pièce	La plupart P2, P3
7 matériel électrique			Manuelle jusqu'à 1981. Depuis, compact		Opérateur ne doit pas être presse-bouton	Opérateur consulté sur programmation, peut faire des ajustements	
9 sous-traitance mécanique	35	1 CU	Manuelle (programmation automatique inutile étant donné le calculateur)	Unitaire et petite série. Complexité des pièces et tolérance très variables (jusqu'à qualité 6)		Préparateur-programmeur fait aussi les devis. Il est sur machine pour la première pièce et se concerta avec l'opérateur	Opérateur sur CU, CN moins qualifié mais plus jeune et adaptable
10 automobile	atelier outillage	10 CN (fraiseuses)	SURFAPT et PROMO	Outillages de forme complexe			
11 automobile	570	CU et machines spéciales CNC	Manuelle	Quatre types de pièces (carters boîtes de vitesses) une vingtaine par jour pour chacune	Motivation et responsabilité	Peu de programmes nouveaux établis par agent de méthodes. TA intervient sur machines en cas d'aléa, suivent la qualité et font le réglage des outils avec les AQF qui font le montage et le contrôle	

Entreprise	Effectif établissement	Équipement	Système de programmation	Caractéristiques de production	Politique de qualification	Division du travail	Qualification des opérateurs
12 équipements mécaniques pour chemins de fer	200	7 tours fraiseuses et perceuses CNC	PROMO	Séries répétitives de 60 à 300 pièces pas très complexes. Qualité H6. Temps d'usinage 8 minutes à une heure	Prédominance des méthodes et minimum d'interventions de l'opérateur, mais il doit pouvoir dialoguer avec méthodes et maintenance	Préparateur/programmeur met en route fabrication avec le régleur qui intervient en cas d'incident	Moitié OS, moitié P1/P2
13 aéronautique	Plusieurs milliers	Une centaine de tours et CU en CN et DNC	Computer vision	Prototypes et petites séries répétitives de pièces coûteuses en aciers spéciaux ou alliages durs. Temps d'usinage très long. Tolérance : quelques centièmes pour la série, inférieure au 1/100ème pour les prototypes	Bon professionnel nécessaire, surtout pour positionnement et centrage des pièces et pour les corrections manuelles sur les prototypes, mais l'autonomie de l'opérateur est limitée par les contraintes du produit		Professionnels. Au moins P2 pour prototype et P1 pour série
14 électronique	Petit atelier mécanique dans un grand établissement	1 CU et 3 fraiseuses CN	IFAPT puis CADAM intégré avec CAO	Séries répétitives de 5 à 20 pièces formes assez complexes, alliages légers	Rechercher une programmation sans erreur pour que l'opérateur ne fasse rien, il sera un gestionnaire	Programmeur spécialisé, n'intervient pas sur machine. Opérateur fait les pré-réglages, contrôles de cotes, corrections mineures qu'il signale au programmeur	P2, P3 ou TA suivant ancienneté, niveau normal estimé P2
15 décolletage	161	8 tours CN, 3 fraiseuses CN, 2 CN s/, 179 machines	Automatique	Petites et moyennes séries pièces évaluées qualité	Opérateur fait lancement réglage, motif programmeur	Programme spécialisé niveau BTS niveau BAC (plus élevé pour CN)	
16 décolletage	230	6 tours CN		Grande et moyenne séries de précision			
17 sous-traitance ensembles mécaniques	40 à 50	1 CU à CN, 1 presse CN	Manuelle ou directe sur machine				OS 2 à P3
18 sous-traitance	100	4 CU } 3 tours } CN 50 machines conventionnelles		Unitaire à moyenne série haute précision			

Mais peut-être s'agirait-il seulement de trouver le rythme de rotation adapté, ce qui pourrait présenter des avantages sur le plan ergonomique ?

On voit que la division du travail entre programmation et surveillance des machines comporte à la fois des dimensions techniques, économiques et organisationnelles et laisse aux entreprises une marge d'autonomie limitée mais réelle.

Pour en revenir au constat de la situation actuelle, il n'est pas inutile d'entrer plus dans le détail des opérations réalisées, aussi bien en programmation qu'en usinage. (L'hypothèse d'une programmation automatique à partir de la CAO qui permettrait à terme de se passer de «programmeur» pourrait aussi être envisagée).

### 3.3. Description des opérations de programmation

Après la préparation du dossier, comportant l'examen du plan de la pièce, la définition des phases successives d'usinage, l'établissement des fiches d'instruction pour positionner les opérations (définition du point d'origine), l'établissement des feuilles définissant le pré-réglage des outils et le déroulement des séquences, vient ensuite la programmation proprement dite qui comporte :

- la définition de la géométrie de la pièce ;

- la définition des opérations à réaliser : outils à utiliser et ordres de mouvement donnés à la machine pour procéder à l'usinage.

En fait, ces opérations sont très variables suivant le système de programmation utilisé et le degré de complexité de la pièce. En programmation manuelle classique, il faut définir en détail tous les mouvements que doit suivre l'outil, ce qui nécessite des calculs dont l'importance est proportionnée à la complexité de la pièce. En programmation assistée, il suffit de donner des instructions codées se référant à des programmes ou sous-programmes qui permettront la réalisation automatique de ces calculs.

Mais il faut souligner que les systèmes de programmation assistée sont d'une complexité très variable :

- certains (notamment APT et ses dérivés) sont conçus dans un esprit très informatique. Ils nécessitent un ordinateur assez puissant, une formation ainsi qu'une tournure d'esprit plus proches de l'informatique — même s'il s'agit avant tout de mécanique ;

- d'autres (PROMO, Raphaël, ELAN), de type conversationnel, ne nécessitent pas les mêmes moyens et ne font pas appel au même type de technicité, mais ne permettent pas non plus de faire des pièces aussi complexes ;

- enfin, un dernier système permet l'intégration de la programmation assistée avec la CAO (CFAO) utilisant directement la définition de la géométrie de la pièce donnée par le bureau d'études, ce qui dispense de refaire les calculs correspondants.

Chaque étape technologique nouvelle contribue à diminuer sensiblement les risques d'erreur et la durée du travail nécessaire pour une fabrication donnée (3) en

---

(3) Un exemple donné au cours de l'enquête : la programmation d'une même pièce exigerait deux mois en manuel, quinze jours en IFAPT et une semaine en CADAM (CFAO).

diminuant les opérations les plus fastidieuses et les plus répétitives. Par contre, ces systèmes sont contraignants et leur utilisation fatigante, notamment dans un système inter-actif qui renvoie rapidement des informations et appelle des réponses.

Ainsi le mode de travail et les moyens utilisés se rapprochent-ils de ceux du bureau d'études avec la CAO, tandis que la nature des problèmes traités reste fondamentalement du domaine de l'usinage.

### 3.4. Une analyse détaillée des opérations d'usinage est nécessaire pour apprécier la qualification des opérateurs ...

L'étude de la qualification des opérateurs exige une analyse un peu plus détaillée des opérations qu'ils sont susceptibles d'effectuer.

*a) Le montage des pièces et leur chargement* sur la machine incombent normalement à l'opérateur. L'automatisation n'apporte pas de modification sensible à cette opération, sauf pour les pièces les plus simples qui, sur les équipements les plus automatisés, peuvent être chargées directement par la machine. L'opérateur les place seulement par série dans le système de chargement. Il faut souligner que le montage peut être d'une durée et d'une complexité très variables suivant les pièces: il peut aller de moins d'une minute à plusieurs heures. Ce temps est lié à la valeur de la pièce et à la responsabilité de l'opérateur, donc à sa qualification.

*b) Le réglage des outils* comporte :

- la mesure précise de la longueur des outils, souvent faite sur un banc de pré-réglage distinct de la machine. Elle peut être faite, soit par l'opérateur, soit par un ouvrier qualifié spécialement chargé de cette opération ;

- la comparaison de la longueur constatée et de la longueur prévue par le programme ainsi que l'affichage, sur la machine, de ces données.

*c) L'essai du programme* sur la machine pour la première pièce de la série se déroule dans des conditions variables suivant la complexité et la valeur de la pièce d'une part, et le système de programmation de l'autre.

La possibilité de visualiser le parcours de l'outil sur un écran en fin de programmation supprime le risque d'erreur de programme sur le parcours de l'outil et rend désormais inutiles les tests de passage en blanc de l'outil (tests-mousse) qui étaient réalisés sur les pièces complexes et de valeur. Mais, pour ce type de pièces, l'usinage initial est généralement réalisé conjointement par le programmeur et l'opérateur sur machine. C'est au programmeur qu'il incombe, en dernier ressort, de décider des modifications et d'intervenir sur le programme en conséquence. L'autonomie de l'opérateur à cet égard est variable suivant les conditions de production et l'organisation du travail. Très souvent, il n'est pas habilité à modifier le parcours de l'outil, mais peut modifier, dans une certaine mesure, les paramètres d'usinage (vitesses de coupe et d'avance). Son autonomie est habituellement renforcée du fait qu'il travaille sur une période de temps plus longue que le programmeur, souvent absent au moment du démarrage.

Par contre, sur des pièces dont les spécifications sont très précises (aéronautique par exemple), le service méthodes limite fréquemment l'autonomie de l'opérateur et exige des conditions d'usinage normalisées.

*d) Le suivi* consiste à assurer la production en quantité et en qualité, ce qui implique :

- l'alimentation et le déchargement régulier des machines ;
- un contrôle dimensionnel des pièces, systématique ou périodique ;
- la surveillance de l'usure des outils et leur remplacement en cas de bris ;
- des réglages de correction, soit des outils, soit des conditions d'usinage si celles-ci sont modifiées par les particularités des pièces au sein de la même série (les pièces de fonderie complexes, par exemple, ne sont pas totalement identiques).

Ce suivi incombe à tous les opérateurs. Il représente un contenu et une qualification variables suivant les conditions de production. S'il s'agit d'un produit complexe, fabriqué en petite série, avec des aléas et des modifications sensibles d'une pièce à l'autre, l'opérateur est appelé à apporter des modifications aux paramètres d'usinage par rapport au programme initial. Alors, son autonomie et sa qualification sont élevées. S'il s'agit de pièces fabriquées en moyenne ou assez grande série, dans des conditions homogènes, il n'y a presque pas d'ajustements à faire. Autonomie et qualification sont alors faibles.

e) A côté de ces opérations normales, on trouve, suivant les entreprises et les modes de division du travail, *des tâches additionnelles*, attribuées aux opérateurs :

- soit simplement pour occuper le temps rendu disponible par l'automatisation. C'est le cas lorsque des opérations spécifiques d'assemblage, de perçage ou d'ébardage sont accomplies pendant l'usinage (en temps masqué). On peut aussi assimiler à cette situation le cas de surveillance par le même opérateur d'une deuxième machine-outil, ou d'un ensemble intégré qui peut comporter des robots d'alimentation et de déchargement ;

- soit (situation qui n'est pas exclusive de la première) l'entreprise souhaite un enrichissement des tâches et une plus grande responsabilisation des opérateurs à qui peut être attribué un rôle plus important vis-à-vis de la maintenance, qui constitue désormais le problème essentiel. Plusieurs entreprises souhaitent associer davantage les opérateurs à la maintenance et en particulier au diagnostic, non pas comme intervenants directs, mais comme interlocuteurs du service maintenance ;

- enfin, de manière plus générale, certaines entreprises souhaitent accroître la responsabilité de l'opérateur, notamment sur la qualité de son produit.

### 3.5. ... Et l'évolution de cette qualification

Peut-on conclure de cette analyse que les opérateurs sur machine à commande numérique sont plus ou moins qualifiés que sur machine conventionnelle ?

Lorsque la question est posée sous cette forme, elle apporte des réponses contradictoires :

- Pour certains, la déqualification est déjà inscrite dans les faits, comme cette entreprise déjà citée pour laquelle, à la limite, on pourrait n'avoir que des OS.

D'autres se préoccupent de la perte, à terme, de certaines des compétences traditionnelles des opérateurs par manque d'utilisation de ces compétences.

- Enfin, « *contrairement à ce qu'on disait il y a quinze ans, la CN est exigeante pour les compagnons et ne les remplace pas. Elle suppose des qualités techni-*

ques; des compétences et un sens des réalités au moins aussi élevés que ceux exigés d'un compagnon sur machine conventionnelle», suivant un point de vue souvent entendu.

Pour y voir plus clair, il faudrait mieux analyser si toutes choses sont égales par ailleurs. Est-ce que, avant d'adopter la commande numérique, l'entreprise (ou plutôt l'atelier, sinon le poste de travail) partait d'une situation dans laquelle des professionnels travaillaient de manière autonome sur une production unitaire ou en petite série, ou bien s'agissait-il d'OS suivant strictement les consignes données par des régleurs ou des chefs d'équipe qui conservaient la responsabilité des réglages ? Les deux situations ont été rencontrées. Une investigation plus approfondie sur les évolutions historiques serait nécessaire, mais la première impression est que les modes de division du travail ne sont pas fondamentalement changés.

Il faudrait aussi, sans relancer le vaste débat sur la qualification, préciser de quoi l'on parle (4) et notamment distinguer entre contenu des tâches, compétences mises en jeu, classification salariale et profil individuel des opérateurs (ce dernier point sera analysé dans le prochain chapitre).

a) *Le contenu des tâches* est dans une certaine mesure appauvri puisque l'opérateur n'a plus à faire qu'un nombre limité de réglages et ne dispose (dans le cas majoritaire où il ne fait pas lui-même la programmation) que d'une autonomie réduite sur le choix des modes opératoires. Il n'a pas non plus besoin de l'habileté gestuelle qui était nécessaire pour commander les mouvements de la machine dans des usinages complexes.

b) Par contre, il a besoin de *compétences nouvelles* : minimum de compréhension du fonctionnement de machines plus complexes, maîtrise d'un langage codé (celui de la programmation manuelle). Il a aussi des responsabilités accrues, puisque les machines sont plus coûteuses et plus performantes et les pièces souvent plus complexes. Le poids respectif de ces différents éléments étant difficile à apprécier, on s'explique mieux les divergences de vue.

c) Du point de vue *classification salariale*, le tableau comparatif p. 32 montre :

- un éventail très ouvert de classifications des opérateurs, depuis OS jusqu'à techniciens d'atelier ;

- des situations contrastées en ce qui concerne la position relative des opérateurs sur commande numérique et sur machine conventionnelle : dans certaines entreprises, les premiers sont mieux classés, dans d'autres c'est l'inverse.

Ce constat suffirait, si nécessaire, à montrer que la nature de l'équipement utilisé n'est pas un facteur décisif de la qualification ouvrière.

Les autres éléments du tableau ainsi que les commentaires recueillis auprès des responsables, font apparaître que d'autres éléments sont plus importants et que les points de vue des entreprises diffèrent :

- Ainsi, un premier responsable nous déclare que : «*la classification n'a rien à voir avec la machine et ne tient pas compte des caractéristiques techniques de la*

(4) Commissariat général du Plan, *La qualification du travail : de quoi parle-t-on ?* Collection «*Économie et planification*», Paris : Documentation Française, 1978.

*production. Certaines pièces très importantes peuvent être faites aussi bien par un AF 1 que par un AF 4... Simplement, certains seront plus à l'aise. Pour les techniciens d'atelier, on nomme les gens en fonction de leur polyvalence sur plusieurs machines, conventionnelles ou à commande numérique».*

— Dans d'autres entreprises, on déclare que la classification des ouvriers sur MOCN est supérieure à ce qui est nécessaire en raison de leur âge et de leur expérience.

— Dans d'autres encore, on précisera, contrairement à la première, que la qualification (mais est-elle bien reflétée dans la classification salariale ?) est déterminée par :

- la complexité de la pièce ;
- le degré de précision à atteindre ;
- la complexité de la machine, liée à ses caractéristiques (le travail sur aléuseuse et sur fraiseuse est souvent considéré comme plus difficile), à son nombre d'axes (lui-même lié à la complexité de la pièce) et d'outils ;
- la polyvalence de l'opérateur (capacité de travailler sur plusieurs types de machine) ;
- éventuellement, la fréquence des aléas auxquels l'opérateur est susceptible de faire face ;
- parfois, enfin, le rôle de l'opérateur dans la programmation.

Certaines entreprises ont défini précisément les essais correspondant aux différents niveaux de classification. Il s'agit de réaliser complètement un usinage en partant d'un programme déjà testé ou non (à partir de P2 ou P3 suivant les entreprises). Le niveau P3 implique la capacité à réaliser ou à remettre sérieusement en cause un programme et à usiner des formes complexes.

De manière générale, il semble y avoir chez les employeurs un souci de ne pas bouleverser la structure existante des qualifications, ce qui montre le poids des situations acquises, que la technologie ne modifie que lentement.

Enfin, il faut noter que certaines indications semblent confirmer une analyse fréquemment faite par les chercheurs : le problème posé par l'évolution technologique serait moins celui d'une déqualification réelle des opérateurs que d'une non-reconnaissance officielle d'éléments importants de leur qualification. C'est ainsi que, dans l'une des entreprises visitées, le programmeur est censé avoir seul la responsabilité de la modification éventuelle des programmes et donc, détenir la clé des armoires de commande auxquelles les opérateurs ne devraient pas avoir accès. Cette situation est liée à une règle de principe souvent énoncée : le programme ne doit pas être touché par l'opérateur, moins parce qu'il n'est pas compétent que parce qu'il doit garantir l'homogénéité des pièces en cas de séries répétitives. En fait, et tout au moins dans l'exemple cité, l'opérateur a la clé dans sa poche et peut faire des modifications de programme, ce qui est toléré mais non reconnu, donc non pris en compte dans sa qualification.

On a déjà noté que l'appréciation de l'autonomie de l'opérateur était souvent variable suivant son interprétation ou celle du service «méthodes», ce qui est lié au problème plus général des relations de pouvoir entre les services.

**Ces indications illustrent bien le caractère relatif de la notion de qualification, en particulier au sens de classification salariale.**

## CHAPITRE 3

### RECRUTEMENT, PROFILS, ÉVOLUTION PROFESSIONNELLE ET FORMATION

On étudiera successivement les profils de recrutement en programmation, usinage et maintenance, puis les problèmes d'évolution professionnelle et enfin la formation.

#### 1. EN PROGRAMMATION, ON OBSERVE TROIS PROFILS DE RECRUTEMENT

Dans ce domaine, il fallait trouver une main-d'œuvre pour exercer une activité entièrement nouvelle. Elle a été trouvée de trois manières :

- par affectation et formation de préparateurs, souvent au sein d'un même service ;
- par recrutement d'un personnel nouveau, généralement au niveau DUT/BTS (dans la spécialité mécanique) ;
- par changement d'affectation, formation et promotion d'opérateurs en usinage.

Parmi l'échantillon d'entreprises observées, ces trois sources sont à peu près de la même importance. Assez souvent, elles se combinent au sein de la même entreprise, ce qui peut s'expliquer aussi bien par des raisons d'opportunité (il était parfois difficile de trouver suffisamment de monde par une seule des sources) que par des raisons de principe.

En effet, on peut considérer qu'il y a complémentarité entre ces profils, ce qui incite plusieurs entreprises à assurer un équilibre entre eux. Cette complémentarité tient au fait que les techniciens supérieurs ont des connaissances théoriques plus poussées et une capacité d'abstraction plus grande, tandis que les praticiens de l'usinage apportent leur expérience technologique. Ces deux composantes sont nécessaires, mais sans doute dans des proportions variables suivant les types de production et suivant les systèmes de programmation. Les techniciens supérieurs (BTS-DUT) sont davantage souhaités pour l'usinage de formes complexes et l'utilisation de langages de type plus informatique. Il doit être clair, cependant, que leur compétence principale est du domaine de la mécanique ; il n'y a d'ailleurs pas d'exemple d'informaticiens qui ne seraient adaptés à ce type de travail (1).

---

(1) Dans l'échantillon étudié, mais le cas nous a été cité depuis.

Il faut mentionner à cet égard le cas des grandes entreprises travaillant les pièces complexes, qui ont, exceptionnellement, mis au point leur propre système de programmation ou, le plus souvent, procédé à des ajustements à partir de systèmes existants pour répondre à leurs besoins propres. Ce travail a un caractère plus informatique, mais il est assumé par des ingénieurs mécaniciens ayant acquis une compétence complémentaire en informatique. Ces ingénieurs, généralement responsables du service programmation, assurent également une charge importante de formation de leur personnel, ainsi que de celui de l'usinage.

Enfin, il faut noter que dans certaines entreprises, il y a eu une évolution des profils de recrutement : au départ, il y avait une phase d'ajustement nécessitant des qualifications plus élevées, donc davantage de techniciens, un ingénieur étant souvent directement impliqué dans la phase de mise en route.

Par contre, une fois le système rodé, les connaissances théoriques et la compréhension informatique sont moins nécessaires, c'est la pratique de la technologie d'usinage qui prime ; le recrutement à partir de l'atelier est alors susceptible de prendre plus d'importance.

## 2. L'AFFECTATION DES OPÉRATEURS SUR MOCN EST LIÉE A TROIS CRITÈRES : COMPÉTENCE, ADAPTABILITÉ ET MOTIVATION

Dans la majorité des cas observés, les opérateurs affectés sur les nouvelles machines à commande numérique ont été choisis parmi ceux qui travaillaient déjà sur machines conventionnelles, et cela suivant trois critères (entre lesquels existent d'ailleurs des interrelations) : la compétence, l'adaptabilité et la motivation.

— La compétence renvoie à l'analyse précédente de la qualification, aux divergences de vues constatées à cet égard et également aux évolutions dans l'appréciation des employeurs, aussi bien que du personnel. Comme on l'a vu, plusieurs entreprises sont parties d'une appréciation modeste de la qualification requise, pour prendre conscience progressivement de la nécessité d'une qualification plus élevée. Dans un cas au moins, on a commencé par prendre les opérateurs les moins qualifiés pour prendre ensuite les plus qualifiés et les affecter aux machines à commande numérique.

— Dans beaucoup de cas, la compétence n'est pas le critère principal ; ce qui prime, c'est l'adaptabilité qui s'identifie en fait avec l'âge. Le fait que les opérateurs soient plus jeunes sur machine à commande numérique paraît très général. On peut lui trouver deux explications différentes :

- soit que les jeunes aient seuls la capacité d'adaptation suffisante (ce qui est fréquemment admis). Si c'est le cas, il est encore difficile de dire dans quelle mesure l'âge seul est en cause, ou bien y a-t-il aussi une relation avec le type de formation reçue par l'école (ou même en dehors de l'école), par une meilleure préparation au mode de pensée logique nécessaire au fonctionnement d'automatismes ?

- soit que la différence d'âge renvoie elle-même à une différence de compétence ou de motivation. Le premier cas correspond à une appréciation négative du type : *« le travail sur commande numérique n'a aucun intérêt pour un vieux professionnel, qui est trop qualifié pour ce travail »*. Le second cas correspond, au contraire, à une appréciation plus positive, par exemple : *« le travail sur commande numérique correspond beaucoup mieux à l'attente des jeunes, qui ne veulent plus faire un travail manuel et veulent davantage travailler avec leur cerveau »*.

— On voit que la motivation vis-à-vis de la commande numérique peut faire l'objet d'appréciations contradictoires de la part de l'entreprise aussi bien que du personnel. Ceci est très lié au mode d'organisation choisi par l'entreprise et à la philosophie qui est la sienne, comme le montre bien la présentation d'un responsable : *« il y a souvent un problème à partir du moment où il y a beaucoup de programmeurs. Il y a les cerveaux et les bras. Le cerveau s'adresse au bras comme à quelqu'un de bas niveau. L'homme sur machine se considère comme déqualifié, déprécié et c'est très mauvais. Ça conduit à des phénomènes de rejet et ça augmente l'impression du presse-bouton. Si, par ailleurs, le compagnon a le malheur de travailler sur des séries à caractère répétitif et s'il a une valeur ajoutée faible dans son travail, comme il n'a pas de valeur manuelle, c'est la révolution. On a des phénomènes-types : « je ne veux pas travailler sur commande numérique, parce que je ne veux pas devenir presse-bouton »*.

Une entreprise, au moins, a fait état d'une évolution à cet égard : au départ, les opérateurs étaient réservés vis-à-vis de la commande numérique, mais un gros effort de formation et l'expérience positive des premiers affectés sur ces machines ont modifié leur image dans un sens favorable.

Cette image est également liée aux conditions de travail, dans la mesure où l'affectation sur commande numérique implique plus fréquemment le travail de nuit. Elle est liée aussi aux problèmes de classification : dans un certain nombre de cas, le changement d'affectation est allé de pair, non seulement avec une formation, mais aussi avec une promotion. La plupart du temps, il n'y a pas changement de classification, mais l'acquisition de connaissances nouvelles peut être ressentie comme un facteur d'intérêt. Il faut aussi ajouter que le passage par la commande numérique peut être considéré comme une étape obligée d'une évolution professionnelle.

A cet égard, on doit noter qu'à l'heure actuelle la plupart des entreprises affectent d'abord les nouveaux recrutés aux machines conventionnelles et ne les passent qu'ensuite sur commande numérique. Dans la majorité des cas, c'est moins un problème de compétence qu'une situation de fait : il y a plus de machines conventionnelles et elles sont plus diversifiées, alors que les machines à commande numérique sont surtout des machines de haut de gamme, plus complexes (moins parce qu'elles sont à commande numérique que parce qu'elles ont un plus grand nombre d'axes), plus coûteuses à utiliser et donc qu'il faut rentabiliser au maximum. L'apprentissage complémentaire des nouveaux venus se fait donc plus naturellement sur les machines les plus simples et porte essentiellement sur la compétence technologique (2) (cf. *infra* le paragraphe sur la formation).

A l'heure actuelle, le profil le plus souhaité est celui d'un jeune (moins de trente ans si possible) ayant déjà une certaine expérience sur machine conventionnelle. Mais il est clair qu'au fur et à mesure du développement de la CN, l'affectation se fera de plus en plus directement sur ce type de machine. Elle se fait déjà ainsi pour les fabrications pas trop complexes. Dans un cas au moins, on a préféré un jeune sans expérience de l'usinage, mais jugé adaptable, à l'un des vieux professionnels disponibles, mais jugés incapables de s'adapter.

Quelles sont les exigences en matière de formation ? Elles sont naturellement liées à l'appréciation de la qualification, mais on constate à partir de cette enquête (comme dans d'autres cas) à quel point les entreprises ont des exigences variables et imprécises (ceci d'autant plus que la formation est loin d'être toujours le critère déterminant) :

— En partant des productions de haut de gamme exigeant une qualification élevée, on a d'abord le cas d'une entreprise constituant des tandems pour chaque machine (très importante) avec un ancien professionnel et un jeune, recruté au niveau Bac technique, qui passera plusieurs années en fabrication comme stagiaire d'atelier, avant d'évoluer.

— Le cas le plus fréquent est celui d'entreprises qui recrutent au niveau V et qui paraissent relativement, sinon totalement, indifférentes au diplôme obtenu (CAP ou BEP) et à la spécialité (tournage ou fraisage). Quelques entreprises font la différence entre ces spécialités. D'autres déclarent nettement qu'à l'avenir, compte tenu de la polyvalence croissante des machines (centres d'usinage, tours comportant un outil de fraisage), de la polyvalence et de l'adaptabilité souhaitables des opérateurs, elles auraient besoin désormais d'usineurs et non de spécialistes de tel ou tel type de machine.

— Il y a ensuite le cas, rencontré surtout dans des petites et moyennes en-

(2) Une entreprise estime que la productivité des machines est très variable suivant l'expérience de l'opérateur : il lui faut deux fois plus de temps s'il a un an d'expérience qu'avec quatre ou cinq ans. Il s'agit de productions assez complexes.

treprises, où l'on semble assez indifférent vis-à-vis du niveau même de formation, ce qui est, généralement, associé avec une vision très critique du fonctionnement du système de formation.

— Il y a un dernier cas, qui peut paraître paradoxal, et qui reste pour l'instant marginal (mais paraît susceptible de s'étendre), c'est celui d'une entreprise qui estime très faible la qualification nécessaire des opérateurs et leur compétence en matière technologique (en liaison avec un choix d'organisation très taylorien et un type de production assez simple), mais qui juge souhaitable une élévation sensible du niveau de leur formation générale, afin qu'ils puissent être des interlocuteurs valables des «méthodes» et de la maintenance.

Ceci pose le problème de la motivation pour un tel travail, mais pour cette entreprise, le problème se poserait beaucoup plus avec des professionnels traditionnels : *«s'ils ne maîtrisent ni la préparation, ni la programmation, ni la mise au point, je ne vois pas l'intérêt qu'ils pourraient trouver à ce travail. Si on met un bachelier F1, n'ayant pas l'aspect professionnalisme, il pourra s'intéresser davantage à la CN, au dialogue avec le calculateur, rechercher des séquences ... Les jeunes avec une formation plus élevée conduisent ces machines plus rapidement que les anciens».*

Ce point de vue se rapproche un peu de celui d'une autre entreprise pour laquelle la formation restera nécessaire, parce qu'il faut que l'opérateur s'intéresse à son travail. Mais elle reconnaît que, pour lui, s'intéresser, s'il n'a presque rien à faire, c'est un problème.

Cette importance du facteur motivation conduit à souligner à nouveau la liaison entre les modes d'organisation du travail et les modes de gestion du personnel.

**Les profils des agents de maîtrise n'évoluent pas seulement en liaison avec l'automatisation**

Le problème du recrutement de la maîtrise est plus difficile à définir. L'automatisation n'est pas le seul facteur susceptible de le modifier : l'évolution générale des organisations et de leur mode de fonctionnement joue également (elle joue aussi, mais à un moindre degré, pour les opérateurs).

Le profil habituel de la maîtrise était, jusqu'ici, celui d'anciens ouvriers professionnels, gravissant très lentement les échelons de la hiérarchie, éventuellement en suivant une formation continue.

Dans plusieurs entreprises, on a rencontré de jeunes agents de maîtrise, titulaires d'un DUT ou d'un BTS et affectés à ce poste après quelques années seulement d'expérience dans un service «méthodes» ou «programmation». Il est difficile de dire dans quelle mesure il s'agit de répondre à un besoin de technicité plus élevée correspondant au développement de l'automatisation, ou si cette évolution correspond, au contraire, à l'élargissement du rôle de la maîtrise vers des fonctions de gestion et d'animation, ou encore si l'évolution résulte simplement d'une disponibilité en personnel d'un niveau de formation plus élevé sur le marché du travail.

Quoiqu'il en soit, cette évolution, si elle se confirme, ne peut manquer d'avoir une incidence sur l'ensemble des profils de carrière.

### 3. ACCROISSEMENT DE LA MOBILITÉ INTERNE

Les observations en entreprise indiquent une tendance à l'accroissement de la mobilité professionnelle, qui n'est pas seulement liée à l'automatisation, mais résulte de plusieurs facteurs conjugués :

- flexibilité de l'appareil de production, pour faire face aux variations de la conjoncture et des besoins du marché ;

- modification des besoins des différentes fonctions et des différents services, en liaison avec l'évolution technologique en général ;

- volonté de donner à la main-d'œuvre une plus grande polyvalence et une expérience plus large, pour accroître son potentiel et son adaptabilité, ainsi que pour mieux faire face aux conséquences de l'absentéisme (ceci pour les ouvriers de fabrication) ;

- tendance au décloisonnement des services, liée aux nécessités d'un bon fonctionnement en général (cf. *supra*), mais aussi à l'introduction des technologies nouvelles qui rapprochent les méthodes et les instruments de travail et contraignent parfois à une intégration plus poussée (programmation - mise en route en usinage).

Il faudrait considérer aussi que l'élévation des niveaux de formation est sans doute de nature à faciliter cette mobilité. Réciproquement, dans un contexte d'élévation du niveau des connaissances mises en jeu dans le travail, le fait d'avoir une formation insuffisante risque d'être plus que jamais un facteur de blocage de l'évolution professionnelle.

Plus concrètement, on peut observer :

- la recherche d'une polyvalence des ouvriers d'usinage sur différents types de machines (qui peut, on l'a vu, être un facteur dans la détermination de la qualification) ;

- une volonté fréquente de mobilité entre fabrication et préparation/programmation, qui intéresse aussi bien les ouvriers promus de l'une à l'autre de ces fonctions que les techniciens susceptibles de permuter dans les deux sens ;

- peut-être (mais c'est moins clair), un peu plus de mobilité entre préparation et études (ou réciproquement) au niveau des techniciens.

Pour l'avenir, ces tendances générales soulèvent plusieurs interrogations :

- s'il devait se confirmer que la maîtrise se recrute davantage chez les jeunes techniciens, n'y a-t-il pas un risque de voir se fermer les possibilités d'évolution/promotion des ouvriers, à moins de les faire passer systématiquement par la préparation/programmation, généralement avec un recyclage ?

- est-il envisageable de développer, en plus des possibilités d'évolution professionnelle par passage progressif d'un emploi à l'autre, une rotation courte entre postes différents mais complémentaires ? L'hypothèse a déjà été évoquée pour ce qui con-

cerne la surveillance des machines à commande numérique et leur programmation : deux tâches qu'il n'est pas toujours facile de confier à un seul individu en un même moment, mais qui sont complémentaires sur le plan du contenu et sur le plan ergonomique, et que la même main-d'œuvre pourrait assumer par rotation.

#### 4. LA FORMATION CONTINUE ACCOMPAGNE GÉNÉRALEMENT L'AUTOMATISATION, MAIS AVEC DES FORMES ET UNE INTENSITÉ VARIABLES

Dans la majorité des cas observés, le passage à la nouvelle technologie a fait l'objet d'une préparation spécifique des responsables de programmation aussi bien que des opérateurs. Elle répondait à un double objet :

- formation technique proprement dite ;
- préparation psychologique destinée à éviter le rejet de ces technologies et à développer les motivations des intéressés.

Elle consistait, généralement, à la fois en une formation de base et en stages plus concrets, notamment chez les constructeurs de machines. Un certain nombre d'entreprises ont pris soin de faire participer à la réception des machines, ou à leur étude plus poussée chez le constructeur, aussi bien le futur opérateur que l'agent de maîtrise dont il dépend, et les responsables de la préparation et de la programmation. Quelques unes ont associé encore davantage les intéressés à un travail préalable de réflexion sur les conditions d'utilisation des futurs équipements. Ici encore, il s'agissait à la fois d'une formation et d'une préparation psychologique.

La formation technique a revêtu des formes très diverses :

- à l'extérieur de l'entreprise, elle était assurée, soit par une organisation spécialisée et en particulier l'ADEPA, soit par des établissements d'enseignement et notamment les instituts universitaires techniques (IUT) ;
- à l'intérieur de l'entreprise, des cours ont souvent été organisés par l'encadrement.

Dans certains cas, l'entreprise a choisi de faire suivre les mêmes cours par les opérateurs et par les programmeurs. Dans un cas au moins, les premiers ont reçu une formation à la programmation automatique (bien que celle-ci ne leur soit par directement utile) afin que leur niveau d'information et de culture technique ne soit pas inférieur à celui des programmeurs. Plus fréquemment, les cours sont différenciés suivant les fonctions et les spécialisations.

Il faut noter que, dans quelques cas exceptionnels, aucune formation spécifique n'a été donnée au personnel qui s'est adapté sur le tas. Un de ces cas a un caractère historique : il s'agissait de l'introduction des premières machines à commande numérique et ce n'est pas un hasard si ces machines n'ont pas été bien utilisées. Depuis, l'entreprise a fait un gros effort de formation.

Dans d'autres cas, l'attitude de l'entreprise est cohérente avec un choix d'organisation typiquement taylorien : tout étant prévu par les méthodes et par le programme, on ne demande presque rien à l'opérateur, donc il n'est pas nécessaire de le former. Le problème qui risque de se poser dans ce cas est beaucoup moins du domaine de la technique (les opérateurs ne semblent pas avoir de problème) que de celui de la motivation.

Les entretiens ont permis de recueillir aussi des appréciations sur le rôle de la formation initiale dans l'automatisation

En plus des considérations qui précèdent sur le niveau et le type de formation du personnel recruté, l'étude a apporté quelques éléments concernant la formation professionnelle initiale. Ces éléments mériteraient une analyse plus approfondie, en ce qui concerne aussi bien les commentaires reçus sur les contenus et l'organisation de la formation actuelle, que sur les perspectives d'évolution de ce système.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, les critiques des entreprises ne portent pas sur l'insuffisance de la formation à la commande numérique, mais plutôt sur l'impréparation des jeunes aux conditions industrielles de production : manque d'utilisation d'outils de coupe modernes, timidité devant les machines, etc.

La plupart des entreprises rencontrées attendent de l'enseignement professionnel qu'il donne de bonnes bases théoriques à ses élèves et une meilleure pratique de l'usinage. Elles considèrent que l'adaptation à la commande numérique pourra toujours se faire ultérieurement, moyennant une formation courte.

Il paraît néanmoins souhaitable que la compréhension des principes de l'automatisation soit beaucoup plus répandue, ne serait-ce que pour démythifier les technologies nouvelles et éviter les réactions négatives à leur égard. Mais une formation initiale au poste de travail sur machine à commande numérique est d'autant moins concevable que l'extrême diversité des matériels rend pratiquement impossible une bonne correspondance entre ceux qui sont utilisés dans l'enseignement et ceux qui seront rencontrés en production par les jeunes formés.

L'évolution rapide des techniques et des équipements, la recherche accrue de la flexibilité de l'appareil productif et des profils de carrière risquant d'être de plus en plus fondées sur la mobilité et l'adaptabilité rendent encore plus illusoire la recherche d'une formation préparant directement au poste de travail.

## ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

L'analyse qui précède montre la difficulté d'aboutir à des conclusions générales. D'abord, parce qu'il existe de nombreuses variantes et applications de l'automatisation. Ensuite, parce que celle-ci agit en interrelation avec d'autres facteurs économiques, techniques et organisationnels. Il est donc important d'analyser, cas par cas, les situations dans lesquelles on se situe.

Ainsi s'illustre l'insuffisance d'une approche fondée sur le principe de l'adéquation formation-emploi (ou plutôt technologie-formation-emploi), suivant lequel d'un changement de technologie découlerait une modification des contenus d'emploi et de celle-ci un besoin de formation. En fait, chacune des modalités de l'évolution technologique peut susciter plusieurs réponses possibles en termes d'organisation du travail, de gestion de la main-d'œuvre et/ou de formation.

Le constat concernant l'automatisation doit être fait avec d'autant plus de prudence que les techniques sont en pleine évolution et que leur diffusion est très inégale. Or l'innovation se propage par vagues et, suivant les générations de techniques et d'équipements, les tendances qu'elle est susceptible de favoriser sont différentes ou même opposées. Il faut donc éviter d'extrapoler les tendances observées dans une période et dans un contexte spécifiques et limités.

### La tendance à l'intégration des formes d'automatisation

La présentation séparée des études concernant les différentes technologies reflète assez bien les conditions d'un développement qui, jusqu'à présent, s'est révélé surtout ponctuel et dispersé. Mais il se dessine de plus en plus une tendance à poser les problèmes d'automatisation de manière globale, en intégrant différents procédés et, surtout, leur application à différentes fonctions de l'entreprise, depuis la conception jusqu'à la gestion.

Le premier niveau d'intégration concerne le lien entre CAO/DAO et usinage à commande numérique, qui permet d'utiliser directement le dessin de la pièce pour la programmation de la machine. C'est déjà le cas de la plupart des entreprises possédant un système de CAO/DAO qui y voient une économie et un gain de temps.

Une entreprise considère toutefois que cette possibilité de ré-utilisation du dessin de la pièce n'a qu'un intérêt marginal lorsque la conception est rarement modifiée, avec des séries répétitives et des modifications de détail.

A l'inverse, une autre entreprise ne cache pas son ambition d'intégrer de plus en plus la programmation de l'usinage avec l'étude des pièces et de mettre en question, à terme, le rôle du service «méthodes».

Une autre forme d'intégration partielle concerne les différents procédés de production. Un nombre croissant d'entreprises ne se contentent plus d'investir dans des machines individuelles et tendent à définir des sous-ensembles automatisés incluant des opérations d'usinage et/ou de montage et de manutention, (ceci implique, pour les constructeurs, une capacité d'étude et de réalisation de systèmes homogènes et compatibles qui pose des problèmes nouveaux). C'est là une étape vers la concrétisation de l'atelier flexible, dont l'étude mérite d'autres développements (1).

Mais l'étape décisive dans cette direction consiste à intégrer la dimension gestion avec les différentes formes d'automatisation. Il s'avère, en effet, de plus en plus que la compétitivité des entreprises est moins fonction des performances techniques de leurs équipements que de l'utilisation optimale de ceux-ci, de la bonne circulation des matières et de la gestion des stocks. A quoi bon, en effet, gagner 10 % sur le temps d'usinage, si la machine reste immobilisée 90 % du temps ?

D'où la tendance à une approche plus globale de la gestion, à une intégration plus poussée entre automatisation et informatisation et un souci croissant de cohérence entre les différents éléments de cette dernière. Ce souci n'était guère présent dans les premières phases : chaque service ou département avait tendance à s'équiper en fonction de ses propres besoins. A partir du moment où il faut mettre en place un système global, au niveau de l'entreprise, la nécessité d'une compatibilité des matériels et des logiciels s'impose de plus en plus (pièces de rechange standardisées, banques de données communes, etc.).

#### L'adoption et la diffusion des nouvelles formes d'automatisation

L'analyse a montré que l'adoption des nouvelles formes d'automatisation répondait à des objectifs divers suivant les technologies et suivant les entreprises. Il est d'autant plus difficile d'en apprécier le poids que ces objectifs sont souvent corrélés entre eux et que les modifications rapides de performances et de coûts changent les données du problème. Il n'est donc pas surprenant que certaines entreprises procèdent de manière intuitive et synthétique.

L'analyse des choix auxquels elles procèdent est encore plus difficile à faire et impossible dans le cadre d'une étude de ce type. On se limitera à deux observations :

- la remise en question de l'idée du déterminisme technologique a déjà fait l'objet de différents travaux et ne peut être que confirmée par cette étude. En effet, il apparaît clairement qu'un problème donné peut être résolu de plusieurs manières et que la technologie n'est qu'un élément de politiques d'entreprises plus globales, intégrant d'autres variables ;

- la manière dont les choix technologiques sont effectués et surtout diffusés vis-à-vis des intéressés est importante. L'étude a confirmé que l'automatisation était d'autant mieux acceptée et ses effets d'autant plus positifs qu'elle était précédée et accompagnée d'un effort de concertation et d'information.

C'est là un des exemples des interférences de plus en plus étroites entre aspects techniques, économiques et sociaux. Un autre exemple est sans doute celui des petites et moyennes entreprises et le rôle que peut jouer le facteur formation et infor-

(1) Cf. O. BERTRAND : «Vers l'atelier flexible ? Un nouveau stade dans l'automatisation des industries manufacturières» Formation-Emploi n° 2, Paris : Documentation française, avril-juin 1983.

mation de leurs dirigeants dans l'adoption des nouvelles technologies.

### **Automatisation et emploi**

Bien que ce ne soit pas l'objet de cette étude, on peut noter la difficulté d'une appréciation de l'impact de l'automatisation sur l'emploi, par suite de deux effets contradictoires :

- en renforçant la compétitivité des entreprises, et donc leurs chances d'expansion ou, au moins, de survie, l'automatisation exerce un effet positif ;

- par contre, à niveau de production égal, l'automatisation entraîne des suppressions d'emplois, notamment en fabrication (pour les emplois d'exécution les moins qualifiés).

Le solde risque donc d'être négatif, mais cela dépend du niveau d'analyse. En tout état de cause, le choix n'est pas entre automatisation et emploi, mais entre un maintien de compétitivité, qui entraîne nécessairement une automatisation plus poussée, et un retard dans ce domaine, entraînant à terme une perte de compétitivité et donc d'emplois.

### **Automatisation, organisation et qualifications**

L'automatisation contribue à une évolution progressive des structures organisationnelles. Mais elle n'est pas seule en cause et le facteur gestion intervient ici également. Bien entendu, ces évolutions impliquent des conflits de pouvoirs dont il est difficile de prédire l'issue. La fonction «méthodes» semble avoir bénéficié, dans une première phase, du rôle accru que lui donnait la programmation des machines à commande numérique, mais un mouvement semble se dessiner dans le sens d'une décentralisation plus favorable au service fabrication. Par ailleurs, la complexité et le coût des équipements contribuent à renforcer le rôle de la fonction maintenance. Mais, on a vu aussi que la tendance à l'intégration peut bénéficier à un service études qui serait capable de prédéterminer largement le processus.

En fait, ce sont peut-être moins les structures que les modes de fonctionnement qui sont remis en cause, la nécessité d'une meilleure concertation, d'une meilleure circulation de l'information et d'un travail moins individuel s'imposant de plus en plus.

Si l'on considère l'évolution des qualifications, l'automatisation ne constitue pas en soi un facteur d'évolution décisif. En fabrication, la qualification reste principalement liée aux conditions de production (longueur des séries et complexité des pièces). De plus, et de manière générale, la marge dont disposent les entreprises pour déterminer les modes d'organisation du travail et les profils d'emplois contribue à rejeter le déterminisme technologique.

La diminution des emplois les moins qualifiés entraîne un relèvement relatif du niveau moyen des qualifications. Mais les possibilités techniques peuvent conduire à la déqualification ou, du moins, à une perte d'autonomie d'emplois jusqu'ici qualifiés.

Le fait que les technologies soient en pleine évolution et que les modes d'organisation du travail ne soient pas figés donne à ce constat une importance particulière. Le moment est peut-être propice à une remise en cause partielle d'un mode d'organisation souvent caractérisé par la cohérence entre : division du travail poussée - fai-

ble autonomie - faible qualification - faible niveau de formation de la main-d'œuvre. Or, aucun de ces éléments ne peut être pris séparément. Si cette structure doit évoluer, il faut que ce soit de manière globale.

L'impression générale qui se dégage de l'observation de la situation actuelle est celle d'une adaptation progressive des entreprises aux problèmes posés par l'automatisation. Le terme de «révolution» fréquemment utilisé paraît un peu abusif par rapport à cette évolution. S'il se produit une révolution, c'est plutôt à long terme et c'est moins au niveau des postes de travail et de l'organisation qu'il faut l'étudier que par rapport aux effets indirects et diffus de l'automatisation sur les mentalités et les comportements.

### Conséquences pour la formation

Les problèmes se posent différemment pour les divers niveaux de qualification :

— Le problème qui risque d'être le plus massif et le plus grave est celui de la suppression d'un nombre important d'emplois d'exécution comportant des tâches simples et répétitives. Les emplois industriels exigeront de moins en moins de dextérité manuelle et de plus en plus de capacité d'abstraction, de compréhension d'un environnement technologique et d'insertion dans des réseaux informationnels complexes. Pour le système éducatif, ceci signifie que les débouchés habituels des exclus du système scolaire risquent de se restreindre sensiblement et, par conséquent, son mode de fonctionnement habituel est remis en question.

En fait, le domaine de cette étude ne constitue qu'une application d'un problème plus vaste, celui de l'accès progressif de l'ensemble de la population à une société informatisée. Ce n'est pas un problème de formation professionnelle, mais de culture générale et d'imprégnation. C'est un défi posé aussi bien à l'enseignement scolaire qu'à toutes les formes de formation continue.

Les responsables de petites et moyennes entreprises constituent, dans cette population, un groupe particulièrement important à toucher.

— Les besoins en encadrement pour la mécanique proprement dite paraissent assez bien satisfaits, en ce qui concerne les techniciens, par les formations de niveau III (DUT, BTS).

Par contre, des besoins nouveaux et importants apparaissent en spécialistes de l'électronique et des automatismes pour la maintenance et les méthodes.

Par ailleurs, on peut penser que l'automatisation pose des problèmes pour la formation des ingénieurs. La mise en place et la nécessité de faire évoluer constamment des systèmes de plus en plus complexes, le recours accru à des techniques de type informatique, le développement de la fonction formation au sein de l'encadrement, tous ces éléments contribuent à donner un rôle plus important aux ingénieurs, soit pour l'encadrement direct de la production, soit dans des fonctions d'assistance et d'études plus ou moins formalisées.

Il faut, par ailleurs, souligner l'imbrication étroite entre les éléments techniques, organisationnels et économiques de la modernisation de l'industrie, dont l'automatisation n'est qu'un volet.

C'est au niveau des ingénieurs qu'est assurée la polyvalence nécessaire.

Quelques observations concrètes confirment que les ingénieurs (généralement jeunes) sont le pivot de cette modernisation.

Mais ces ingénieurs sont peu nombreux — trop peu nombreux sans doute — à la fois parce que les flux de sortie sont limités et, plus encore, parce que seule une minorité d'ingénieurs s'orientent vers la fabrication, dont la plupart s'éloignent ensuite. Ceci est lié à la dévalorisation de la fonction fabrication, particulièrement accentuée en France. Les comparaisons avec le Japon tendent à suggérer que ce phénomène n'est pas indépendant de l'avance croissante prise par ce pays en matière d'automatisation.

De toute manière, il est clair que l'on ne peut attendre du système éducatif une formation répondant à la fois à la diversité des besoins et à un rythme accéléré d'évolution. Ceci pose à la fois le problème du découpage du processus de formation en plusieurs éléments répartis dans le temps et celui de la répartition de ces éléments entre plusieurs instances. Autrement dit, il s'agit, notamment, de la contribution des entreprises au processus de formation.

— Pour la formation initiale des ouvriers professionnels, l'application mécanique d'un modèle d'adéquation formation-emploi paraît à nouveau insuffisante. Il est tentant d'ajouter une dimension «automatisation» aux formations et aux spécialités existantes sans en changer la structure. Mais d'autres questions se posent alors :

- est-il légitime de maintenir le découpage des spécialités quand la polyvalence s'inscrit dans l'évolution des techniques aussi bien que dans celle de la gestion du personnel ?

- faut-il développer (ou reconstituer) des formations polyvalentes ou plutôt préparer les jeunes à l'adaptabilité et à la mobilité ?

- est-il possible à l'appareil éducatif de prétendre suivre l'évolution technologique en s'équipant en temps utile des nouvelles générations d'équipement, ou n'est-il pas temps de reconsidérer le partage des responsabilités entre l'appareil de formation et les entreprises ?

- la détermination des contenus de formations peut-elle se faire uniquement à partir des contenus d'emplois, ou ne doit-elle pas prendre également en considération les problèmes de fonctionnement du marché du travail, d'évolution de carrière, de politique de gestion des entreprises ? A cet égard, le problème posé par le décalage entre, d'une part, l'élévation continue des niveaux de formation et, d'autre part, un contenu de travail souvent pauvre et une autonomie restreinte des travailleurs risque d'être de plus en plus aigu.

Pour terminer, il faut remarquer que l'approche de l'automatisation, fréquemment abordée à partir du développement de la micro-électronique (et notamment des microprocesseurs), ne paraît pas adaptée. Ce n'est pas la technologie micro-électronique qui est significative, ce sont ses applications diversifiées à différentes fonctions, phases de processus et secteurs d'activité.

En termes de formation, ceci signifie que, pour les emplois d'ouvriers professionnels, le problème posé reste celui d'une formation professionnelle de base dans des domaines spécifiques (mécanique, électronique, automatismes). Il en est différemment pour les emplois peu qualifiés touchés par la robotique et pour lesquels l'élévation du niveau culturel de base est sans doute plus important.

## AU SOMMAIRE DES AUTRES VOLUMES

### VOLUME 1 : L'INFORMATISATION DES ACTIVITÉS D'ÉTUDES

par Jacques Merchiers

#### Introduction générale

1. *La problématique : l'approche fonctionnelle et ses développements*
2. *Les transformations dans la nature et l'organisation du travail : principaux résultats*
  - a) L'informatisation des activités d'études et la pénétration de la CAO (conception assistée par ordinateur)
  - b) L'usinage par machine-outil à commande numérique
  - c) Autres formes d'automatisation en fabrication
3. *Nouvelles technologies : problèmes et enjeux*
  - a) La pluralité des formes d'automatisation dans des situations économiques différenciées
  - b) Modifications dans la composition de la main-d'œuvre et nouvelles technologies

#### L'informatisation des activités d'études

1. *Les domaines d'application de la conception assistée par ordinateur (CAO)*
  - 1.1. La diversité des applications
  - 1.2. Les fonctions de la CAO
2. *L'introduction du système de CAO-DAO dans les entreprises*
  - 2.1. Dans quelles entreprises introduit-on la CAO ?
  - 2.2. Quels avantages en attend-on ?
3. *L'utilisation des systèmes de CAO-DAO*
  - 3.1. Les contenus d'emplois et l'organisation du travail d'études
  - 3.2. Relations entre les activités d'études et de préparation du travail
4. *Formation à la CAO et gestion du personnel*  
*Principaux résultats et éléments de conclusion*

### VOLUME 2 : LES PME ET LA COMMANDE NUMÉRIQUE

par William Cavestro

#### Introduction

#### Chapitre 1 : Les PME et l'automatisation

1. *Une difficulté : la mesure de l'automatisation. Le matériau statistique*

2. *Un constat : la faiblesse de l'automatisation des PME*

3. *Le contexte de crise et l'évolution de la sous-traitance*

4. *Un ajustement difficile de l'offre : la situation de la machine-outil française*

## Chapitre 2 : Division du travail, évolution des qualifications et formation

1. *Avant la commande numérique : des formes hétérogènes de division du travail*

2. *La division du travail en programmation*

2.1. Les variantes

2.2. L'évolution du contenu des tâches

3. *Qualification ou déqualification des opérateurs ?*

4. *Politique de recrutement et de formation*

4.1. Les profils de recrutement en programmation

4.2. Les profils en commande numérique

Conclusion

Annexes

*Annexe 1 : Fiches descriptives d'établissement*

*Annexe 2 : Annexes statistiques*

Bibliographie

## VOLUME 4 : L'AUTOMATISATION DES FABRICATIONS DE SÉRIE

par Jacques Merchiers

Introduction

1. *Tendances récentes de l'automatisation et objectif de l'étude*

2. *Les transformations du travail humain dans l'automatisation : les notions utilisées*

Première partie : Formes d'automatisation et objectifs des entreprises

*Introduction*

1. *Automatisation et rentabilité*

2. *Automatisation et flexibilité*

Deuxième partie : L'évolution de l'organisation du travail

*Introduction*

1. *L'intégration des tâches d'entretien à la fabrication dans un contexte de rentabilité*

1.1. Les stades de l'automatisation et l'évolution des modes de coopération

1.2. Transformation de la maintenance : la translation des tâches d'entretien

2. *L'automatisation du travail de contrôle et l'accroissement de sa division*

3. *Concurrence entre fabrication et entretien dans l'automatisation de la fonderie*

4. *La suppression du travail de fabrication dans un contexte de flexibilité*

Troisième partie : Formation, classifications et filières professionnelles

1. *La fabrication*

2. *Le contrôle*

3. *L'entretien*

Conclusion