
CENTRE D'ETUDES
ET DE RECHERCHES
SUR LES QUALIFICATIONS

L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE AU QUEBEC

Rapport de Mission

Bernard HILLAU - Philippe ZARIFIAN

FORMATION - QUALIFICATION - EMPLOI
DOCUMENTS DE TRAVAIL

L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE AU QUEBEC

Rapport de Mission

Bernard HILLAU - Philippe ZARIFIAN

L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE AU QUEBEC

RAPPORT DE MISSION

MISSION AU QUEBEC

DU 6 au 20 octobre 1984

Rapport de :

Bernard HILLAU, Chargé d'études au CEREQ

Philippe ZARIFIAN, Chef de Département au CEREQ

* * *

Cette mission était composée de :

André BARREAU, Inspecteur Général de l'Education Nationale

Bernard DEBETTE, Inspecteur Général de l'Education Nationale

Lucien DONNADIEU, Inspecteur Général de l'Education Nationale

Bernard HILLAU, Chargé d'Etudes au CEREQ

Georges SARRATO, Inspecteur Pédagogique Régional

Philippe ZARIFIAN, Chef de Département au CEREQ

RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA MISSION

Composée de six personnes (Inspection Générale de l'Éducation Nationale et CEREQ) la mission "Informatique Industrielle" avait un double objectif :

- s'informer sur la pénétration de l'automatique et de l'informatique à tous les niveaux dans les entreprises industrielles (études, production, gestion) ;

- observer les mesures prises et les orientations du système éducatif québécois face à l'évolution informatique.

Limitée initialement aux domaines de la mécanique, l'étude des entreprises a largement débordé ce contexte.

Avec un programme de visites réparti également entre les entreprises et les établissements scolaires, cette mission revêtait pour le CEREQ, un intérêt particulier. Elle nous permettait, à travers un thème précis (pénétration de l'informatique industrielle) d'avoir un aperçu du type de relations qui se nouent (ou ne se nouent pas) entre industrie et éducation, avec en outre le "recul" géographique qui n'est pas sans effet sur le regard que l'on peut porter sur nos sujets d'investigations habituels.

I - L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE DANS LES ENTREPRISES VISITEES

Cinq grandes entreprises Québécoises ont été visitées appartenant à des secteurs divers. Les unes sont des entreprises "multinationales" canadiennes, comme Alcan (production et transformation de l'aluminium) ou comme Bell Canada (électronique et communication) d'autres sont des filiales ou de grands établissements dépendant d'entreprises étrangères (Pratt and Witney - aéronautique ; Marconi Canada - électronique, Dominion Engineering).

Aucun des établissements visités n'est de création très récente (le plus récent - Northern Telecom filiale de Bell Canada à Aylmer a déjà plus de 10 ans) et tous sont en cours de modernisation. On n'a donc pas visité d'établissement de conception nouvelle, bien qu'il en existe, comme c'est le cas pour une usine entièrement automatisée du groupe Alcan, usine à laquelle nous n'avons pu avoir accès.

1 - Aspects du processus d'informatisation

Les entreprises visitées sont engagées dans un processus d'informatisation concernant les fonctions de conception, de préparation et de fabrication. Le processus est d'autant plus long que se greffent des problèmes d'ordre financier (investissements) et des problèmes techniques. En effet, les entreprises visitées ont un potentiel de production important, de par leur taille, et leurs pratiques d'informatisation supposent le remplacement des machines traditionnelles par des machines automatisées sans qu'il soit envisagé de greffer l'automatisme informatique sur un équipement existant.

Il y a donc nécessité pour chaque poste de travail à transformer de réaliser un investissement lourd et de redéfinir les performances techniques de l'équipement à la fois du point de vue du système de commande et dans la fonction opérationnelle de l'équipement.

Ce processus d'informatisation est inégalement avancé d'une entreprise à l'autre, et souvent d'un service ou d'un atelier à l'autre dans la même entreprise. Il ne touche actuellement au Québec qu'un nombre très limité d'entreprises ce n'est pas un hasard si au cours de notre mission, nous n'avons visité que des établissements appartenant à de grands groupes industriels.

Les décalages (presque des anachronismes) sont de ce fait nombreux avec dans une même unité une aire de finition à la main des aubes de turbine (meulage) qui cotoie aire d'usinage automatisé (Dominion Engineering). De même on a pu observer dans l'entreprise d'électronique Marconi trois étapes d'automatisation du montage des composants sur les cartes de circuit imprimé, avec un atelier de montage manuel, un atelier semi-automatisé (les cartes se présentent automatiquement en bonne position devant l'opératrice) et enfin avec une machine de montage à commande numérique en cours de mise au point au moment de notre visite.

Pour mieux préciser à quel stade d'informatisation se trouvent les entreprises au moment de l'enquête on considère trois phases d'intégration informatique de la production :

- une première phase correspondant à l'automatisation éclatée en postes de travail isolés (informatisation d'un poste de soudure) ou en îlots (plusieurs postes de DAO pour le dessin des circuits intégrés) ;

- une phase de semi-intégration, soit horizontale, soit verticale. L'intégration horizontale correspond à la coordination de plusieurs machines automatisées sur une ligne de fabrication (processus d'élaboration du produit). L'intégration "verticale" correspond à la coordination des phases de conception, préparation, fabrication (processus de conception-réalisation du produit) ;

- une phase d'intégration complète, sous la forme d'un système de production informatisé qui reste pour l'instant largement au delà de ce que l'on a observé dans les entreprises.

2 - Quelques cas de figure

Ces trois phases semblent devoir être conduites successivement mais dans une certaine mesure aussi simultanément. L'entreprise, Northern Telecom filiale de Bell Canada est la plus avancée en ce domaine. Elle a établi le schéma d'infrastructure du système informatisé dont elle veut se doter et à partir duquel elle conduit progressivement son processus de modernisation. Le "schéma de production intégrée par ordinateur" permet de combiner pour chaque "bloc" d'équipement à informatiser les choix à court terme concernant le poste de travail dans son environnement traditionnel, et les choix à long terme d'intégration de l'équipement dans l'ensemble de la production informatisée. Au fur et à mesure de ses investissements l'entreprise complète, adapte ce schéma.

Au stade actuel, l'entreprise a informatisé de nombreux équipements de production. On a observé notamment : des machines de mise en séquence numérisée des composants, des machines d'insertion automatique des circuits intégrés, une machine numérisée de masquage des soudures, une machine de soudure à la vague, un dégraisseur nettoyeur au fréon, des postes de vérification.

L'entreprise en est donc à envisager à court terme (1 à 2 ans) une intégration partielle avec la mise en ligne de ces différents équipements avec, au début, la subsistance de certains postes manuels pour l'insertion des gros composants.

Par la suite la ligne sera complètement automatisée avec l'adjonction de robots pour ces composants, le but étant d'obtenir une flexibilité maximum c'est-à-dire de pouvoir changer de production au coup par coup.

Dans un délai très court, aussi, une intégration verticale partielle est prévue en reliant à la C.A.O. la machine d'assemblage automatique.

Un exemple d'intégration verticale très caractéristique a pu être observé dans l'entreprise Dominion Engineering, avec trois étapes dans le processus de conception-réalisation des aubes de turbine :

- la définition de surface des aubes de turbine en conception assistée par ordinateur, avec possibilité de simuler le fonctionnement de l'aube sur ordinateur ce qui permet de réduire le nombre de modifications dans la conception, et la durée des essais réels :

- la programmation d'usinage des aubes, avec langage APT ;

- l'usinage sur machine en 5 axes qui permet de réduire le temps de meulage en manuel de 150 heures à 8 heures. De plus la fabrication sur machine a facilité la reproduction à l'identique des aubes et leur assemblage sur la turbine.

Il faut noter toutefois que l'informatisation verticale ne concerne qu'une partie du produit fini (l'aube), la conception d'ensemble se fait toujours traditionnellement, de même que l'usinage des autres pièces de la turbine et que le montage général.

En égard aux gains de productivités très importants qu'apporte l'automatisation, l'entreprise envisage de généraliser la CAO - FAO.

II - L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE DANS LES ETABLISSEMENTS SCOLAIRES

Le système de formation technique au Québec est structuré en trois grands niveaux :

- l'enseignement secondaire, délivré dans les écoles polyvalentes, où la filière générale et la filière technique coexistent mais sont nettement cloisonnées. La filière technique est divisée elle-même en professionnel court et en professionnel long. Là encore il existe très peu de possibilités de passage de l'un à l'autre, un peu comme dans le système français. (Cependant les diplômes québécois ne sont pas tout à fait comparables). La finalité de la formation technique secondaire est la formation d'ouvriers qualifiés ;

- l'enseignement Collégial, délivré dans les Collèges d'Enseignement Général et Professionnel (CEGEP), qui correspondent à une formule intermédiaire entre le secondaire et le supérieur - le diplôme correspond, en années d'étude à ce qui serait chez nous BAC + 1 - et dans lequel coexistent aussi les filières générales et technologiques. La finalité des filières techniques est de former des techniciens (il n'y a pas comme en France de distinction technicien - technicien supérieur), ces filières recrutent quelques élèves de l'enseignement secondaire professionnel long (10 %) mais la voie principale d'accès au CEGEP, demeure l'enseignement secondaire général ;

- l'enseignement supérieur, avec différentes institutions de formation technologique, dont l'école polytechnique de Montréal, l'École de Technologie Supérieure de l'Université du Québec etc...

L'École de Technologie Supérieure que nous avons visitée recrute des titulaires du diplôme d'études collégiales (sortants du CEGEP) sur dossier en tenant fortement compte des résultats dans les matières scientifiques : mathématiques, physique, chimie. Elle les forme en deux années au baccalauréat de la spécialité (correspondant au niveau maîtrise) et envisage la mise au point d'une formation se prolongeant au-delà.

Cette présentation rapide de la structure du système éducatif est en train d'être revue sur un point important : on viserait à la suppression de l'enseignement professionnel court et à une scolarisation plus longue dans le secondaire. Tous les élèves bénéficieraient de cinq années de formation dans le secondaire, correspondant à la durée de l'enseignement professionnel long. Une telle évolution conduirait :

- à un chevauchement du cursus scolaire avec les CEGEP avec un risque évoqué de concurrence entre écoles et collègues ;

- à l'introduction d'un certain flou entre les diplômes destinés à des emplois d'ouvriers et ceux destinés à des emplois de techniciens.

Toutefois, un responsable de l'école polyvalente de Jonquière affichait le plus grand scepticisme sur les possibilités d'appliquer cette réforme. La difficulté de maintenir les élèves en scolarité et les problèmes de discipline sont tels qu'une élévation générale du niveau réel des études semble problématique.

Nos remarques porteront sur deux aspects :

- l'équipement informatique des établissements au niveau collégial (au niveau secondaire, il reste très faible) ;

- la modification des contenus d'enseignement.

1 - L'équipement informatique des établissements au niveau collégial (1)

L'effort d'équipement en informatique du Québec est fortement accentué en direction des CEGEP (il en existe 46). Leur niveau

(1) Etablissements de formation des techniciens, post-secondaires.

d'équipement est inégal y compris à l'intérieur d'un même établissement entre les différents départements. Au CEGEP de Jonquière par exemple, le département de chimie est très bien pourvu en équipements très automatisés, par rapport au département de mécanique. Il est vrai que les besoins régionaux (aluminium, bois...) sont plus orientés vers les professions de chimistes, et la formation à la fabrication mécanique est peu adaptée par rapport aux besoins du marché qui concernent surtout des mécaniciens d'entretien. Bien que les établissements aient un fonctionnement relativement autonome (recrutement des enseignants choix d'équipements) certaines décisions sont prises au niveau centralisé (subvention fédérales ou provinciales pour les achats d'équipement, définition des référentiels de programmes) et l'on a noté paradoxalement une faible implication des établissements dans la vie régionale et très peu de relations avec l'industrie. Seule exception. le lien qui peut exister par le biais de la formation continue lorsque l'établissement a une politique active dans ce sens. C'est le cas du CEGEP du Vieux Montréal, dont le service Education des Adultes joue un rôle d'expertise des besoins en formation continue des entreprises, et qui a ainsi une certaine connaissance du niveau de modernisation et des besoins en ressources humaines des entreprises.

D'autre part, les décisions prises au niveau centralisé dans le développement de certaines sections tiennent compte plus ou moins des besoins locaux avec parfois recours à des études de marché conduites par des organismes privés.

Le Collège du Vieux Montréal a privilégié, contrairement au précédent, le département mécanique, ce qui s'explique là encore par l'environnement industriel où des entreprises comme Pratt and Whitney, General Motors etc... constituent un débouché important pour ces spécialités.

Le niveau d'automatisation des équipements y est très avancé et l'on a pu constater l'évolution de cet équipement par rapport à une précédente mission conduite en 1978.

Il existe au CEGEP un service informatique de l'établissement, (service administratif indépendant des départements d'enseignement). C'est le Directeur Informatique chef de ce service qui a la maîtrise d'oeuvre et une vue d'ensemble de l'informatisation de l'établissement. Les premiers efforts d'équipement sont allés vers la gestion de l'établissement, l'orientation actuelle est à l'informatisation des unités pédagogiques. Les chefs de départements doivent négocier constamment avec le directeur informatique. L'établissement est équipé d'un ordinateur VAX qui devra supporter la gestion de l'établissement la CAO et la FAO. L'équipement en DAO est de huit postes actuellement, on a observé entre autres équipements plusieurs robots manipulateurs industriels, des robots "pédagogiques", une machine à mesurer très récente, et seront installés très prochainement plusieurs centres d'usinage.

D'après son expérience antérieure, (le département était équipé de plusieurs machines à C.N. depuis plusieurs années), le chef de Département estime que le programme d'automatisation en voie d'achèvement rendra leur structure d'enseignement valable pour une dizaine d'années, comme cela a été le cas dans la phase antérieure, ce qui est une durée de vie "normale" estime-t-il.

Comme dans l'industrie semble-t-il, la définition d'un cadre général d'informatisation au niveau centralisé de l'établissement, est une condition de réussite de la modernisation et l'on a donc observé un certain parallélisme à ce niveau entre l'établissement industriel et l'établissement scolaire les plus avancés.

2 - Production automatisée et remise en cause des contenus d'enseignement

Les nouvelles formes d'automatisation de la production basées sur l'informatique industrielle se traduisent, dans les établissements scolaires par une remise en cause assez profonde non seulement des contenus d'enseignement mais aussi des contours traditionnels de ces enseignements en termes de niveaux et de spécialités de formation.

Alors que traditionnellement les niveaux de formation des ouvriers, des techniciens, et des ingénieurs sont nettement démarqués on assiste à l'apparition de certains chevauchements de cursus ouvriers-techniciens.

De même sur le plan des spécialités la démarcation entre fabrication mécanique et conception mécanique, voire à un moindre degré le partage mécanique-électricité sont partiellement remis en cause lorsque sont créées de nouvelles formations concernant la production automatisée.

C'est ainsi que des Centres Spécialisés pour la Production Automatisée sont en cours de création, qui auront pour but, au niveau local de coordonner les divers établissements et seront en liaison étroite avec le CEGEP. Au sein même du Collège, (CEG P de Jonquière) la réactualisation du programme de mécanique a conduit à rapprocher fortement les deux options traditionnelles : fabrication mécanique et conception. A l'institut de technologie supérieur c'est un enseignement nouveau en production automatisé qui vient d'être créé à un niveau correspondant à notre maîtrise, c'est-à-dire en 2 ans après le CEGEP et qui se distingue des formations à la mécanique et à l'électricité.

D'autre part, il semble se dessiner, au travers des établissements visités qui se répartissent en trois niveaux de formation bien différenciés, une sorte de "ciblage" professionnel vis à vis de la production automatisée au moins pour les spécialités de la mécanique et de l'électronique.

Ce ciblage est plus ou moins officialisé et formalisé selon les cas ; en simplifiant :

- le secondaire professionnel, à travers la formation supplémentaire d'électromécanicien sur systèmes automatisés, viserait assez fortement la fonction d'entretien, à prédominance électricité. On se trouverait là à un niveau d'ouvriers de maintenance hautement qualifiés.

- le collègue : deux "fonctions" professionnelles sont particulièrement visées en mécanique : la production, au niveau préparateur-programmeur en FAO ; la conception, au niveau "projeteur" avec travail sur console graphique. Mais la distinction fabrication-conception tend à s'estomper surtout à ce niveau intermédiaire de technicien et peut-être faut-il voir à terme une cible plus large de technicien mécanicien en C.F.A.O. ?

- l'institut de technologie supérieure vise explicitement la fonction de "développement" de produits nouveaux. La dimension recherche est fortement présente, mais il s'agit de la recherche concernant des applications industrielles : systèmes de visualisation des formes de pièces, systèmes de commandes de machines etc...

Les ingénieurs ainsi formés auraient deux types de débouchés : les emplois d'études techniques chez les fabricants d'équipements industriels, les emplois d'ingénieurs méthodes pour la définition, le choix et la mise au point des équipements de production dans les entreprises utilisatrices.

(1) Les problèmes ne se posent pas de la même manière au niveau ingénieur.

III - CONSEQUENCES SUR LA GESTION DE LA MAIN-D'OEUVRE

Les conséquences de la modernisation sur le devenir des emplois et des qualifications sont ici aussi importantes.

Trois points sont apparus comme se situant au coeur des préoccupations des entreprises :

- la diminution globale des effectifs à volume de production constant ;
- la modification de la pyramide des qualifications ;
- le devenir des qualifications au niveau ouvrier.

C'est devenu une banalité de dire que l'automatisation informatique conduit à des besoins en main-d'oeuvre moindre en ce qui concerne le travail direct. Une machine d'assemblage automatique de composants électroniques réalise le travail de 25 personnes, un magasin à carrousel permet telle entreprise de réduire le nombre de ses magasiniers de 16 à 5 ; dans telle entreprise en voie d'intégration de ses lignes de fabrication, il est prévu de diminuer de 40 % la main-d'oeuvre directe. Dans la plupart des entreprises visitées cela ne s'est pas pour l'instant traduit par des licenciements car l'automatisation n'est que partielle, car le personnel placé sur ligne automatisée est souvent issu des postes traditionnels, car enfin les entreprises ont pratiqué des mouvements de reconversion interne de leur personnel. On constate toutefois que plusieurs entreprises arrivent à un stade où ces remèdes ne semblent plus praticables tant le développement de l'automatisation prend de l'ampleur. Il faut dire enfin que l'entreprise la plus à la pointe a opéré il y a plusieurs années d'importants licenciements, et que la reprise de son activité lui permet de rester à effectifs constants tout en développant l'automatisation.

La pyramide des qualifications se transforme, avec comme conséquence de ce qui précède un accroissement de la proportion de la main-d'oeuvre indirecte. Toujours dans la filiale Northern Telecom de Bell Canada à Aylmer, la proportion est passée de trois (directs) pour un (indirect) à un et demi pour un. Elle devrait passer à un pour un d'ici peu de temps. Certaines fonctions sont en fort développement comme la maintenance, la mise au point, le contrôle et la programmation. Dans un tel contexte, ce sont bien sûr les catégories des techniciens et ingénieurs qui sont privilégiées.

Il est difficile de juger en bloc de l'évolution des qualifications ouvrières tant les cas de figures divergent notamment en ce qui concerne les opérateurs sur machines. Telle entreprise considère que l'opérateur sur perceuse à C.N. ne doit pas connaître la programmation, "cela gêne plus qu'autre chose" telle entreprise considère que l'opérateur sur machine à souder automatisée doit avoir un bon niveau de culture générale ... dans certains cas il est dit que le travail sur poste automatisé requiert l'expérience du métier traditionnel, dans d'autres cas il est dit que le travail n'est plus de même nature et que le "genre de personne change".

Il y a bien sûr, dans l'évolution du travail direct l'objet d'un débat difficile à résoudre. Pour notre part, il nous semble que cette question ne peut pas se résoudre en raisonnant sur le poste de travail isolément et l'on retrouve ici des analogies avec ce qui se passe en France. Dans une phase d'informatisation "éclatée" de la production qui a démarrée dans les années 70 et qui perdure dans certaines entreprises, le métier de base acquis sur poste traditionnel est utile et permet un passage de relais efficace d'un type d'équipement à un autre.

Toute la question est de savoir si des industries ayant accompli une intégration informatique poussée de la production continuent de poser le problème dans les mêmes termes. Il nous semble de fait, que plus il y a intégration "collective" du processus d'automatisation, plus il y a transformation de fond dans le comportement individuel au travail. Certes l'opérateur reste spécialisé sur une phase précise du processus de production, mais il doit être capable d'analyser ce qui se passe à son niveau et qu'il est seul à pouvoir observer afin de faire remonter correctement l'information. On prendra pour exemple des opérateurs sur centre d'usinage (Dominion Engineering) qui bien que n'intervenant pas directement dans la programmation de la machine, ont eu à exprimer des suggestions sur l'indexation de l'outil pour un meilleur fonctionnement de l'usinage lors de la phase de mise au point de la FAO.

Il semble au travers des interviews réalisées, que les entreprises fassent sans ambiguïté (en tous cas avec moins de difficulté que les entreprises françaises) la distinction des différents niveaux de formation technologique. Les professionnels sortant de la "polyvalente" sont d'emblée considérés comme ouvriers et les titulaires du diplôme d'études collégiale comme techniciens. Ces deux grands niveaux de formation répondent bien globalement aux besoins en main-d'oeuvre des entreprises visitées. Il semble qu'il en va de même au niveau ingénieur et l'on a rencontré plusieurs ingénieurs sortant des différentes écoles du Québec, toutefois certaines spécialités ne sont pas enseignées au Canada comme l'aérotechnique et les entreprises peuvent recruter des ingénieurs formés aux Etats Unis notamment.

Du point de vue de l'évolution technologique, il semble que les problèmes d'adaptation à court terme aient pu se régler grâce à la formation continue. D'autre part les problèmes d'automatisation ne se sont pas encore posés de façon massive, au contraire certaines

entreprises auraient demandé au CEGEP du vieux Montréal de conserver une part de formation aux techniques traditionnelles. Enfin il faut tenir compte de la formation dans l'entreprise, très importante dans certains cas.

Pratt and Witney par exemple consacre entre 8 et 13 mois de formation à l'entrée dans l'entreprise.

CONCLUSION

Il semble que le rapprochement entre l'évolution industrielle et celle de l'appareil éducatif ne puisse être opéré directement même sur un thème précis comme celui de l'informatique industrielle, dans les termes d'une adéquation ou inadéquation de l'un à l'autre, ou d'une plus grande avancée de l'un sur l'autre. Certes, la phase actuelle de semi-intégration informatique qui tendrait à se mettre en place, comme succédant à l'informatisation éclatée de la phase antérieure, montre une certaine homogénéité entre développement industriel et équipement éducatif.

Pourtant il convient de situer chacun de ces deux systèmes dans leur logique propre de développement. L'industrie Québécoise n'apparaît pas au premier abord comme beaucoup plus avancée sur le plan technologique que ce que l'on peut observer en France, et peut être le déséquilibre de puissance entre l'industrie Canadienne et celle des Etats-Unis explique-t-elle en partie cela. La politique de formation "maison" et le recours à des ingénieurs formés à l'étranger dans telle ou telle entreprise U.S. en est une illustration.

D'autre part l'informatisation des établissements scolaires ne peut être correctement analysée que si on la resitue dans le cadre d'une politique générale de l'Education au niveau de la Province. Le relèvement en âge et en formation générale de l'enseignement secondaire qui tend à être mise en place, aura probablement une forte incidence sur la manière dont l'appareil scolaire répondra à l'avenir aux besoins de l'industrie et ceci ne peut être mis uniquement sur le compte des seuls besoins liés à l'automatisation de la production.

Au niveau d'une mission à caractère exploratoire il n'était pas possible d'approfondir ces contextes industriels et éducatifs qui expliquent sans doute une grande partie de ce qui a pu être observé.

Reproduction autorisée à la condition expresse
de mentionner la source



Centre d'Etudes
et de Recherches
sur les Qualifications

9, RUE SEXTIUS MICHEL, 75732 PARIS CEDEX 15 - TEL. 575.62.63