

N° d'ordre : 750

50376
1979
190

50376
1979
190

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

pour l'obtention du titre de

DOCTEUR DE 3^{ème} CYCLE

par

Eisenhower K. Otu AYENG

**CONCEPTION ET RÉALISATION D'UN TERMINAL
DANS UN RÉSEAU MULTIPROCESSEUR HIÉRARCHISÉ :**
**Application à un système d'Assistance de
Fabrication**



Soutenue le 27 mars 1979 devant la Commission d'Examen

Messieurs

P. VIDAL
C. MELIN
J. M. TOULOTTE
L. POVY
A. PETTE
J. M. GRAVIGNY

Président
Rapporteur
Examineur
Examineur
Invité
Invité

*To my father,
And dear ones both here and there ...
With gratitude to the Redeemer.*

AVANT - PROPOS

Les travaux faisant l'objet de ce mémoire ont été réalisés au Centre d'Automatique de l'Université des Sciences et Techniques de Lille 1, en collaboration avec l'Usine de la Française de Mécanique (Peugeot - Renault - Volvo) à DOUVRIN.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur le Professeur Pierre VIDAL pour l'accueil qu'il m'a réservé lors de mon arrivée à Lille, ainsi que pour ses qualités humaines et les conseils attentifs qu'il m'a prodigués tout au long de ces années passées au Centre d'Automatique.

Tous mes remerciements vont également à :

Monsieur C. MELIN dont les conseils et l'amicale sollicitude m'ont sans cesse guidés et soutenus durant toute cette étude.

Monsieur J.M TOULOTTE qui a bien voulu s'intéresser tout particulièrement à mon travail, m'apportant ainsi une aide précieuse.

Monsieur L. POVY pour l'aide et l'amitié qu'il m'a toujours témoignée.

Monsieur A. PETTE qui, pour l'accueil qu'il m'a réservé et les conseils amicaux qu'il m'a prodigués, m'a facilité des contacts fructueux avec des membres du personnel de la Française de Mécanique.

Monsieur J.M GRAVIGNY, de la Société MATRA pour l'honneur qu'il me fait en participant à ce jury.

L'ensemble de mes travaux n'a pu être mené à bien que grâce à la coopération et l'aide amicale de tout le personnel, et de mes collègues chercheurs du Centre d'Automatique, auxquels nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements.

J'adresse, également mes sincères remerciements à Madame LELONG, Mesdemoiselles BONN & SALORT, Messieurs JOLLY & HOUZE, pour la réalisation matérielle de ce mémoire et l'aide qu'ils m'ont apporté dans les travaux de rédaction.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I : DEFINITION DU PROBLEME DE L'ASSISTANCE DE FABRICATION

- 1.1 - INTRODUCTION
- 1.2 - VOCABULAIRE DE BASE
 - 1.2.1. - Unité de production
 - 1.2.2. - Gestion de production
 - 1.2.3. - Ordonnancement
 - 1.2.4. - Système de suivie temps-réel
 - 1.2.5. - Assistance de fabrication
 - 1.2.5.1. - La maîtrise du problème de fabrication
 - 1.2.5.2. - La valorisation des tâches du personnel
- 1.3 - LES PROBLEMES D'ASSISTANCE DE FABRICATION DANS UN ATELIER A FORTE CADENCE DE PRODUCTION.
 - 1.3.1. - Le problème posé
 - 1.3.2. - L'assistance de fabrication et l'atelier de machines-outils
 - 1.3.2.1. - La machine-outil
 - 1.3.2.2. - Remarques relatives à la structure de l'atelier de machines-outils
 - 1.3.3. - L'A.F. et l'interface homme-machine
 - 1.3.3.1. - L'A.F. vu comme un système décisionnel
 - 1.3.3.2. - Le problème humain
- 1.4 - VUE D'ENSEMBLE DE L'ATELIER DE FABRICATION DE LA FRANCAISE DE MECANIQUE
 - 1.4.1. - Les machines-outils
 - 1.4.2. - Caractéristiques
 - 1.4.3. - Fonctionnement de l'atelier de fabrication
- 1.5 - LES OBJECTIFS DE L'ASSISTANCE DE FABRICATION (A.F)
 - 1.5.1. - Maîtrise des problèmes de fabrication
 - 1.5.2. - La valorisation des tâches du personnel.

1.5.3. - Sécurité du système d'assistance de fabrication

CONCLUSION

CHAPITRE II : DEFINITION DES ETATS ET DES CARACTERISTIQUES D'UNE
STATION DE MACHINE-OUTIL

INTRODUCTION

II.1 - UTILISATION DES RESEAUX DE PETRI DANS LA CONCEPTION
ET LA REALISATION DES SYSTEMES

II.1.2. - Règles d'évolution d'un RdP

II.1.3. - Propriétés des RdP

II.1.3.1. - Conservation des marqueurs

II.1.4. - Interprétation d'un RdP

II.2 - DEFINITION D'UN MODELE D'UN POSTE DE MACHINE-OUTILS

II.2.1. - Le modèle et le problème de l'assistance de fabrication

II.2.2. - Définitions relatives à un réseau de machines-outils

II.2.2.1. - Poste de machine-outil

II.2.2.2. - Station de machine-outil

II.2.3. - Fonctionnement d'un poste d'usinage

II.2.3.1. - Le processus mécanique

II.2.3.2. - Circuit de commande

II.2.4. - Définition du modèle

II.2.5. - Exemple de poste d'usinage

II.3 - DEROULEMENT D'UNE TACHE A UN POSTE D'USINAGE

II.3.1. - Opérations dans un cycle de transformation

II.3.2. - Trafic de pièces

II.4 - DEFINITION DES ETATS D'UNE SOUS-STATION

II.4.1. - Cycle (CY)

II.4.2. - Temps de cycle (TCY)

II.4.3. - Cycle actif ou normal (CYN)

II.4.4. - Cycle à vide (CYV)

II.4.5. - Saturation (SAT)

II.4.6. - Désamorçage (DES)

- 11.4.7. - Non-engagement (NE)
- 11.5 - IMMOBILISATION D'UN POSTE D'USINAGE
 - 11.5.1. - Arrêt machine (AM)
- 11.6 - DEFINITIONS DES CLASSES DE MACHINES-OUTILS DANS L'ATELIER DU DEPARTEMENT X
 - 11.6.1. - Machines à poste unique
 - 11.6.2. - Machine à postes multiples
- 11.7 - CARACTERISTIQUES D'UN POSTE D'USINAGE
 - 11.7.1. - Temps de production
 - 11.7.2. - Cadence
 - 11.7.3. - Charnière d'un outil
 - 11.7.4. - Usure moyenne des outils d'une classe donnée
 - 11.7.5. - Rendement par poste de machine-outil
- 11.8 - INTERCONNECTION DES POSTES DE MACHINES-OUTILS
 - 11.8.1. - Le problème d'interconnexion
 - 11.8.2. - Classes de machines
 - 11.8.3. - Classes d'outils et de pièces
- 11.9 - CARACTERISATION DES CLASSES DE MACHINES-OUTILS
- 11.10 - ETUDE DE LA SURVEILLANCE D'UNE SOUS-TACHE D'USINAGE
 - 11.10.1. - Etude de l'évolution des séquences d'opérations

CONCLUSION

CHAPITRE III : ETUDE DU SYSTEME D'ASSISTANCE DE FABRICATION 'MATRA'

III.1 - L'ASSISTANCE DE FABRICATION MATRA

III.1.1. - Objectifs globaux de l'assistance de fabrication Matra

III.1.1.1. - Objectifs à court terme

III.1.1.2. - Objectifs à long terme

III.1.1.3. - Caractéristiques relatives au flux d'information

III.2 - DESCRIPTION DE L'ASSISTANCE DE FABRICATION "MATRA"

III.2.1. - L'équipement central

III.2.2. - L'équipement local

III.3 - LES COFFRETS 'MATRA'

III.3.1. - Liaison coffret/armoire d'automatisme

III.3.2. - Liaison coffret/salle de contrôle (A.F)

III.3.2.1. - Liaison coffret/calculateur

III.3.3. - Liaison téléphonique

III.3.4. - Mode de transmission entre coffret et calculateur

III.4 - COFFRET/OPERATEUR

III.4.1. - Exemple de dialogue

III.5 - ETUDE TECHNIQUE DU LOGICIEL - EXPLOITATION DU SYSTEME MATRA

III.5.1. - Moyens annexes mis à la disposition des utilisateurs de l'assistance de fabrication

III.5.1.1. - Test automatique par le calculateur des coffrets machines

III.5.2. - Simulateur de calculateur

III.6.1. - Etude technique du logiciel : Exploitation du système Matra

III.6.1.1. - Les différentes phases d'exploitation (hors temps réel)

III.6.1.1.1. - Phase d'initialisation

III.6.1.1.2. - Phase de lancement

III.6.1.1.3. - Phase de chargement

III.6.1.1.4. - Phase de préparation

.../...

III.6.1.1.5. Phase d'exécution

III.6.2. - Les tâches " temps réel "

III.6.2.1. - La tâche édition

III.6.2.2. - La tâche de dialogue

III.6.2.3. - La tâche " Alarme-VISUS "

III.6.2.4. - La tâche "TMPC" ou tâche périodique

III.6.2.5. - La tâche d'archivage MOAR

III.6.3. - Techniques de secours (reconfiguration - marche dégradée)

III.6.3.1. - Reconfiguration

III.6.3.2. - Marche dégradée

III.7 - ANALYSE CRITIQUE DU SYSTEME MATRA

III.7.1. - Etude critique sur l'exploitation du système existant

III.7.1.1. - Fonction " évolution du temps de cycle "

III.7.1.2. - Fonction " gestion des outils "

III.7.1.3. - Voies de progrès - Travaux entrepris

III.7.1.4. - Frontières du système étudié

III.7.1.5. - Saisie automatique des demandes de travaux

III.7.1.5. - Gestion automatique du magasin d'outillage

CONCLUSION

CHAPITRE IV : DEFINITION D'UN CAHIER DES CHARGES DU TERMINAL

INTRODUCTION

IV.1 - LE ROLE DU TERMINAL DANS LE SYSTEME D'ASSISTANCE DE FABRICATION

IV.2 - LES FONCTIONS INTER-PROCESSEURS D'UN TERMINAL A_{ki}

IV.2.1. - Contraintes de compatibilité

IV.2.2. - Intéraction du terminal avec le niveau hiérarchique L 2

IV.3 - FONCTIONS LOCALES

IV.3.1. - Saisie des données

IV.3.2. - Traitement des informations

IV.3.3. - Transmission ou diffusion des informations

IV.3.4. - L'intéraction du terminal avec le personnel d'exploitation du système

IV.4 - L'INTERACTION DU TERMINAL AVEC LE PERSONNEL D'EXPLOITATION

IV.4.1. - Opérateur

IV.4.2. - Chef d'équipe

IV.4.3. - Contremaître

IV.4.4. - Assistant de fabrication

IV.5 - EXPLOITATION LOCALE DU TERMINAL

IV.5.1. - Gestion de cycle

IV.5.2. - Gestion de pièces

IV.5.3. - Gestion d'outils

IV.5.3.1. - Surveillance des charnières

IV.5.3.2. - Bilan d'outils

IV.5.4. - Dialogue

IV.5.5. - Archivage

IV.5.6. - Spécifications relatives à la mobilité d'une chaîne d'usinage

IV.5.7. - Précision

IV.5.7.1. - Contraintes dûes à la précision

IV.5.7.2. - Résumé relatif aux fonctions du terminal

IV.6 - LES ASPECTS FONDAMENTAUX DE LA SOLUTION PROPOSEE

IV.6.1. - Approche séquentielle

IV.6.2. - Les avantages d'une solution à base d'un micro-processeur

CONCLUSION

CHAPITRE V : ETUDE FONCTIONNELLE DU TERMINAL

INTRODUCTION

V.1 - RECENSEMENT DES ENTREES

V.1.1. - Les sous-systèmes fonctionnels de A_{ki}

V.1.2. - Définition des ensembles d'entrées

V.2 - SURVEILLANCE DU PROCESSUS D'USINAGE AU MOYEN DU TERMINAL

V.2.1. - Surveillance d'une machine-outil sous contraintes

V.2.2. - Etat d'arrêt machine

V.2.2.1. - Signaux de contrôle

V.2.3. - Programme de suivi relatif à une sous tâche d'usinage

V.2.4. - Implications des contraintes temps-réel

V.3 - STRUCTURE HARDWARE DU TERMINAL

V.3.1. - Interface d'acquisition

V.3.1.1. - Sous-systèmes S_1

V.3.1.2. - Sous-système S_2

V.4 - FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

V.4.1. - Les fonctions assurées par le système

V.4.2. - Bloc d'acquisition des informations

V.4.2.1. - Bloc des compteurs

V.4.2.1.1. - Compteur de cycle

V.4.2.1.1. - Compteurs de pièces

V.4.3. - Bloc de comparaison de charnières

V.5 - SYSTEME DE DIALOGUE OPERATEUR

V.5.1. - Clavier

V.5.2. - Logique d'affichage

V.5.3. - Signaux d'interruption

V.5.4. - Bloc d'échanges avec le niveau L2

V.5.4.1. - Modalité d'échanges

V.5.4.2. - Liaison télétipe

V.6 - CONFIGURATION GENERALE DU TERMINAL A_{ki}

V.7 - AMELIORATION DE LA FIABILITE DU SYSTEME

V.7.1. - Coupure d'alimentation

V.8 - PRINCIPE DU TRAITEMENT

V.8.1. - Prise en compte des informations

V.8.2. - Mode de scrutation

V.9 - TERMINAL MULTIPROCESSEUR

CONCLUSION

CHAPITRE VI - ETUDE DU LOGICIEL

INTRODUCTION

VI.1 - L'ORGANISATION DU LOGICIEL

VI.1.1. - Transactions

VI.1.2. - Codage des transactions issues du clavier

VI.1.2.1. - Décodage partiel du message W_{OP}

VI.1.2.2. - Traitement du message

VI.1.3. - Description du panneau avant du terminal

VI.1.4. - Programmes d'application

VI.1.4.1. - Traitement de W_M

VI.1.4.2. - Gestion d'outil

VI.1.4.2.1. - Calcul de la charnière d'outils

VI.1.4.3. - Transactions : outils

VI.1.4.4. - Lecture des valeurs de sortie des compteurs de pièces

VI.1.5. - Exemples d'initiation des transactions

VI.1.6. - Estimation des caractéristiques de performance du terminal A_{ki}

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans la conception d'un système de saisie et de traitement des données dans un environnement industriel, l'utilisation d'équipements digitaux est devenue un problème d'actualité. Ce phénomène est dû notamment à la disponibilité des microprocesseurs.

L'industrie automobile est l'un des premiers utilisateurs de tels équipements. De ce fait, les problèmes liés à l'utilisation de tels systèmes se font sentir tout d'abord dans cette branche de l'industrie.

Notre étude a pour objet la conception d'un système de suivi pour la fabrication de pièces de moteurs automobiles à l'usine de la Française de Mécanique.

Comme nous allons le voir la nature du problème suggère une décomposition en deux sous-problèmes :

- 1) la conception d'un réseau de traitement automatisé structuré de manière à s'intégrer à la hiérarchie du personnel tout en remplissant les tâches de suivi.
- 2) la conception d'un noeud essentiel dans le réseau précédent. Il s'agit d'une unité qui va servir d'interface d'une part entre les machines-outils et le reste du réseau, et d'autre part entre le personnel d'exploitation et le reste du système global.

La première partie de cette étude porte sur les problèmes relatifs à la conception d'un système d'assistance de fabrication.

Au chapitre 1, nous précisons les notions relatives à la surveillance de la fabrication dans un atelier employant des machines-outils. Nous donnons ensuite un bref aperçu des problèmes liés à l'interface homme-machine et décrivons ensuite l'atelier de la Française de Mécanique.

Du fait que notre source d'informations est la machine-outil, le chapitre 2 est consacré à la définition des états d'une machine-outil, et aux caractéristiques de fonctionnement d'une station de machines-outils.

Ceci nous permet d'étudier dans un troisième chapitre au chapitre existant : le système d'assistance de fabrication MATRA. En particulier, cette étude nous permet de dégager les spécifications requises pour un terminal dans un réseau multiprocesseur décentralisé.

Ceci nous conduit au début de la deuxième partie (chapitre 4) où nous détaillons les spécifications fonctionnelles du terminal relatives au réseau multiprocesseur hiérarchisé.

Ces deux derniers chapitres ont pour objet l'étude tant sur le plan hardware, que sur le plan logiciel de la solution proposée.

PREMIERE PARTIE

ETUDE DU PROBLÈME D'ASSISTANCE DE FABRICATION

CHAPITRE I

DEFINITION DU PROBLEME DE L'ASSISTANCE DE FABRICATION

I.1 - INTRODUCTION

Depuis longtemps on a ressenti le besoin d'utiliser des moyens automatiques pour assister la production. En effet, ce besoin a conduit, peu après la première guerre mondiale, à l'automatisation d'une chaîne de production des usines automobiles Ford.

Aujourd'hui l'industrie automobile a toujours un rôle de premier rang dans le domaine de l'automatisation, domaine qui ne cesse de s'étendre aux autres industries, notamment, grâce aux résultats de recherches récentes en automatique.

Le catalyseur du développement qu'a connu l'automatisme ces dernières années est dû à l'apparition des microprocesseurs et au développement concomitant de divers types de transducteurs. Ces deux phénomènes sont dus à une révolution dans la technologie des semi-conducteurs.

A présent dans l'industrie automobile des unités de commande dotées d'un certain degré d' "intelligence" font leurs débuts dans des tâches diverses et complexes.

Cependant, l'automatisation engendre un problème qui s'explique comme suit : un système automatisé s'étend rapidement et englobe des domaines préalablement étrangers au processus de base un système complexe est créé. Deux points soulignent les aspects essentiels de ce système.

Tout d'abord, un grand nombre de postes de travail sont confiés à des processeurs qui, tout en ayant une vitesse prodigieuse de calcul ne sont pas immunisés contre les pannes, ce qui accentue les problèmes de sécurité.

Deuxièmement, quelques opérateurs humains qui sont toujours en interaction avec le reste du système (notamment par le biais de terminaux) sont appelés à s'adapter à un nouveau rythme ainsi qu'à nouvelle routine, lesquels ne sont pas " naturels ".

L'utilisateur industriel, fidèle à son objectif fondamental d'améliorer la production en minimisant les coûts s'est toujours soucieux du problème de la gestion de production. Il perçoit bientôt un autre problème, mis en évidence par l'automatisation celui de la surveillance du système.

Bien entendu, la gestion de la production implique forcément la surveillance de celle-ci. Cependant, la complexité d'un système de fabrication ayant un haut degré d'automatisation nécessite une étude distincte, d'un système de surveillance approprié, les premiers efforts / SPA/, / MAR /, / COL /, / DOU 2 /, / SCH / pour résoudre ce problème ont donné peu de satisfaction. Les questions posées par le problème de la surveillance sont :

- . à qui confier la surveillance ? (être humain, machine, etc ...)
- . parquels moyens opérer la surveillance ?
- . à quel stade de l'automatisation faut-il faire intervenir la surveillance ?

La réponse à ces questions implique une coopération entre les chercheurs et les industriels, cette coopération doit se concrétiser notamment au moyen d'un cahier de charges. Dans ce sens, il convient d'abord de préciser un certain vocabulaire.

I.2 - VOCABULAIRE DE BASE

I.2.1. - Unité de production

Une unité de production est un système ayant pour but la transformation de certains objets ou matériaux que l'on peut qualifier de " brut " au sens le plus général, en d'autres objets plus élaborés de valeur économique plus élevée.

Ces derniers objets sont appelés des " biens économiques " de l'unité de production.

La classe des unités de production qui nous intéresse est celle employant des machines-outils pour la fabrication de produits discrets : pièces de moteurs pour automobile.

La transformation de matériaux ou usinage des pièces s'effectue dans des ateliers spécialisés comprenant un ou plusieurs types de machines outils.

I.2.2. - Gestion de production

Depuis quelques temps l'automatique et l'informatique sont des techniques et des méthodes utilisées pour les problèmes de la gestion de production.

Cependant la gestion de production / TEM /, / LEV / constitue un ensemble de problèmes difficiles à formuler, car toute production industrielle implique la présence simultanée d'hommes et de matière, et donne ainsi lieu à des problèmes différents mais interconnectés.

La politique de gestion vise l'optimisation de ces diverses formes de ressources qui sont employées dans le processus de production.

.../...

I.2.3. - Ordonnancement

La gestion de production ne constitue pas uniquement un problème statique, mais également un problème dynamique. Il ne s'agit pas seulement de prévoir un plan ou une série de décisions / MES /, mais aussi de savoir comment modifier ce plan ou ces décisions en fonction de l'état réel et quotidien de la production. C'est le problème d'ordonnancement / MUT /, /PROZ /, / ACK /, / GAJ / ...

I.2.4. Système de suivi temps-réel

Un système de suivi temps-réel (STR) est un système qui contrôle un processus (éventuellement en présence de perturbations), en y acquérant des données, en les traitant, et en renvoyant les résultats en un temps suffisamment bref pour maintenir le comportement de ce processus dans un domaine de tolérance donné, à tout instant de son fonctionnement.

Il ressort de cette définition que la qualification "temps-réel" pour un organe de contrôle dépend, avant tout, de son temps de réponse vis-à-vis de celui du processus contrôlé.

I.2.5. - Assistance de fabrication

Devant le nombre et la complexité des problèmes posés par le fonctionnement d'un atelier d'usinage à forte cadence de production, les responsables ont cherché à créer un outil qui serait à la disposition des hommes chargés de l'exploitation d'un tel ensemble.

Cet outil, c'est l'"assistance de fabrication". Il doit être un système fondé sur une série d'acquisition et de traitement d'information dont les buts essentiels sont :

.../...

I.2.5.1. - La maîtrise du problème de fabrication par la réalisation des

fonctions suivantes :

- a) la surveillance des conditions de fonctionnement des machines
(approvisionnement en pièces brutes, vérification du temps d'usinage
élémentaires)
- b) la surveillance de l'usure des outils. Cette fonction devant tenir
compte, dans un cas général, des contraintes imposées par l'usinage
simultané de plusieurs types de pièces.
- c) l'analyse des temps productifs et improductifs en vue de documenter
des services de fabrication et de méthodes de l'unité de production.

I.2.5.2. - La valorisation des tâches du personnel en lui donnant les

informations nécessaires à des prises de décisions. Les difficultés
rencontrées à ce stade proviennent des informations différentes devant
être utilisées par les différentes catégories de personnel.

En résumé l'assistance de fabrication (AF) doit être un interface
entre les outils de production (c'est-à-dire les machines) et les hommes
chargés, à tous les niveaux, de la gestion de ces outils.

Une approche générale du problème peut donc être ramenée à celle
de la conception d'un interface qui révèle des caractéristiques propres
pouvant servir de base à une méthodologie de recherche.

I.3 - LES PROBLEMES D'ASSISTANCE DE FABRICATION DANS UN ATELIER A FORTE
CADENCE DE PRODUCTION.

I.3.1. - Le problème posé

Notre étude a commencé sur la base d'une convention de recherche
en liaison avec C R E A T I - A D R I N O R D (marché d'étude de l'I.R.I.A.)
et en liaison directe avec l'usine Française de Mécanique.

Buts de l'étude

Le développement d'un système automatisé pour la surveillance du processus d'usinage à grande cadence des pièces de moteurs thermiques pour l'automobile.

En particulier :

- étude critique de l'exploitation d'un système existant (conçu par la Société MATRA)
- étude critique de la saisie des informations tant sur le plan fonctionnel que sur le plan ergonomique.
- recherche d'une structure fonctionnelle standard correspondant à ce type de système :
 - . définition d'une ossature informatique.
 - . étude d'un terminal de saisie des données dans l'atelier.

C'est ce dernier point qui sera développé plus particulièrement dans la deuxième partie de notre mémoire.

En effet il convient d'abord de présenter de manière générale, les machines et leur association aux chantiers ou ateliers qui constituent la source d'information pour l'assistance de fabrication.

1.3.2. L'assistance de fabrication et l'atelier de machines-outils

1.3.2.1. - La machine-outil

Une machine-outil et ses armoires de commande forment un système automatisé que l'on peut représenter par le schéma de la figure 1.1.

Le dispositif de commande (II) est couplé à la partie opérative (P) qui réalise le processus d'usinage des pièces.

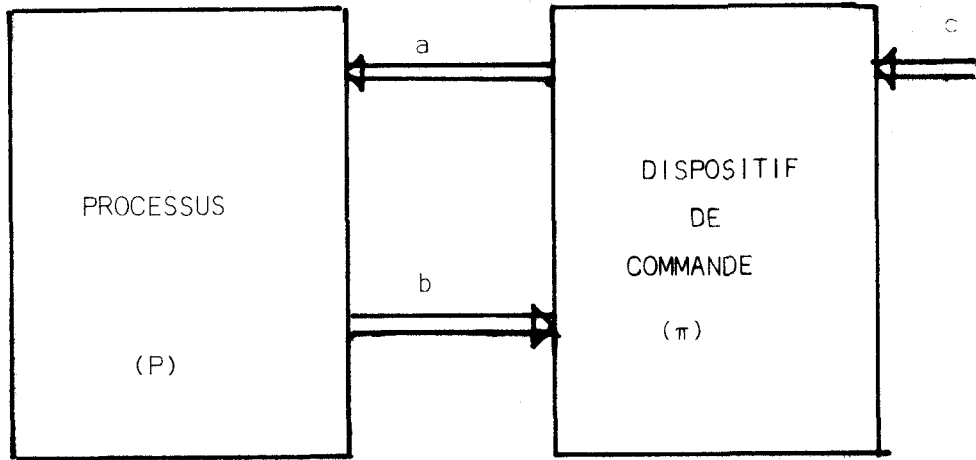


Figure 1.1 - Système de commande

I.3.2.2. - Remarques relatives à la structure de l'atelier

de machines-outils

a) Le parc de machines-outils

En ce qui concerne la structure de l'atelier, notre étude aboutit aux constatations suivantes :

Le parc ou atelier rassemble plusieurs types de machines-outils.

Pour une machine outil donnée, deux modes de fonctionnement sont possibles : manuel ou automatique.

.../...

- Les différents types de machines-outils peuvent être interconnectées pour former un réseau de postes d'usinage. La structure d'un tel réseau dépend largement des exigences de la transformation envisagée, ainsi que de contraintes relatives à la rentabilité et à l'espace disponible.
- Le parc de machines-outils peut s'étendre sur une superficie relativement importante. Ce qui pose des véritables problèmes, notamment ceux de communication.
- Les unités de commande des machines diffèrent par origine conception et complexité : analogique, logique, ou hybride; degré de programmabilité, extensibilité, etc ...

b) Problème de l'environnement

Le processus d'usinage s'effectue dans un environnement caractérisé par ses effets, plutôt néfastes vis-à-vis de la sécurité des hommes et de l'ensemble d'équipement de l'atelier.

Cet environnement est la source de divers types de bruit dont les plus remarquables sont :

- . Electromagnétique (équipements électriques, lignes d'alimentation, cage de Faraday, etc ...)
- . Thermoélectrique
- . Acoustique
- . Electrochimique

L'atmosphère ambiante de l'atelier va subir une dégradation ou " pollution " par suite de projections de matières (lubrifiants, produits de lavage, copeaux, etc ...).

I.3.3. L'A.F. et l'interface Homme-Machine

I.3.3.1. - L'A.F. vu comme un système décisionnel

Du point de vue fonctionnel, le système d'assistance de fabrication peut être représenté par un système de décision (cf figure 1.2).

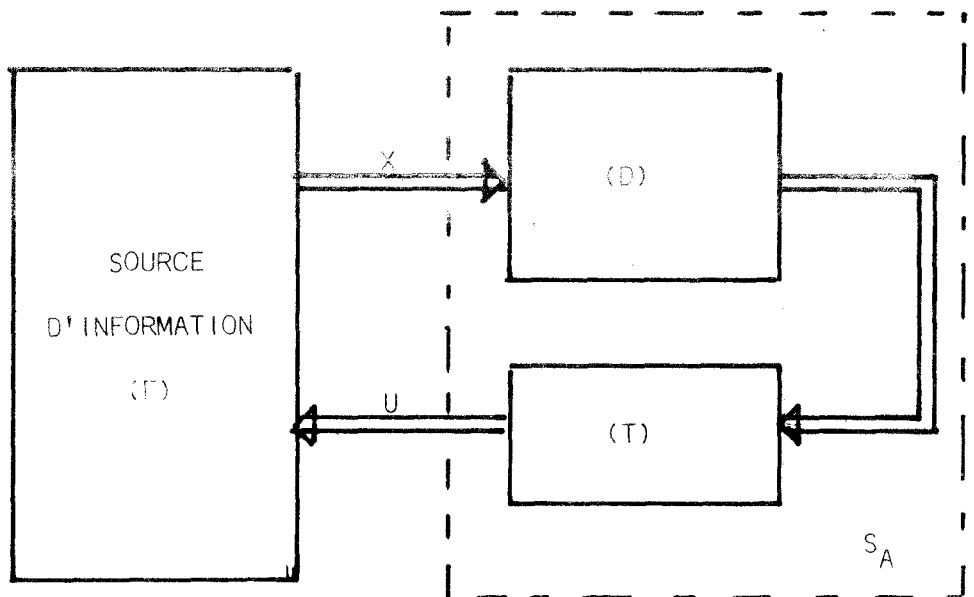


Figure 1.2 - Système de décision

Le système d'assistance de fabrication (S.A.F.) représenté en pointillé sur la figure 1.2 définit un automate A ou un système :

$$S_A \subseteq X \times U,$$

où X et U sont, respectivement, l'ensemble d'entrée et de sortie de A. La famille des problèmes de décision $\mathcal{D}(x)$ associée, est engendrée par les sorties $x \in X$ du système F. Celui-ci est constitué par l'ensemble du réseau automatisé (PII) et son environnement (E); (PII) U (E) = (F).

Le système de décision apparaît comprendre les deux unités ou sous-systèmes suivants :

- i) Unité de décision D : $X \rightarrow Z$, où Z est l'ensemble des solutions
- ii) Réalisateur T : $Z \rightarrow U$ ayant la propriété que pour tout $x \in X$, et $u \in U$, le couple $(x, u) \in S_A$, si et seulement s'il existe un Z tel que Z est une solution de $\mathcal{D}(x)$, et $T(x) = u$.

I.3.3.2. - Le problème humain

Il faut noter que l'homme intervient à tous les niveaux de la production, et nous allons voir qu'il est indispensable surtout au niveau de la prise de décision dans un système décisionnel tel que nous venons de le décrire. Cependant, l'homme ne saurait rivaliser avec le rendement des composants techniques de la production : la puissance physique moyenne de la force de travail humaine atteint à peine 20 watts, son temps de réaction sensorielle est de l'ordre de 1/10 de seconde, sa mémoire est peu sûre; dès lors, on voit apparaître le problème d'une interface homme-machine.

Est-il possible de définir l'automate de contrôle de façon à y exclure toute action humaine ?

Cette situation de l'automatisation complète, dans ce problème précis, est difficilement réalisable pour les raisons suivantes :

- 1) l'usure, le vieillissement et les pannes des composants d'un système, sont pratiquement inévitables. Il en résulte des déviations excessives qui ne pourraient être corrigées que par un agent extérieur au système automatique.
- 2) il existe toujours des événements imprévisibles et certains types d'opérations qui sont mieux réalisées par l'homme (cf I.1.3.6)
- 3) le système de gestion de production est dans l'intérêt de l'homme; la production doit se modifier pour satisfaire à ses besoins et objectifs. Par conséquent, son intervention dans le processus de contrôle est indispensable.

On peut avancer l'argument qu'un organe de commande sophistiqué pourrait être conçu pour résoudre les problèmes évoqués ci-dessus. Cependant, un tel organe, lorsqu'il serait déterminé, s'avérerait comme un automate doté d'un degré d'adaptation illimité, utilisant des ressources inépuisables. De toute évidence, ceci n'est pas pratiquement concevable.

Nous concluons donc que la participation de l'homme dans le processus de gestion de production est inévitable. Ainsi, ce problème implique nécessairement celui de l'interface HOMME-MACHINE.

Ceci est résumé par le schéma de la figure 1.3 qui indique de plus la hiérarchisation de l'assistance de fabrication qui découle de la hiérarchisation même du système de production.

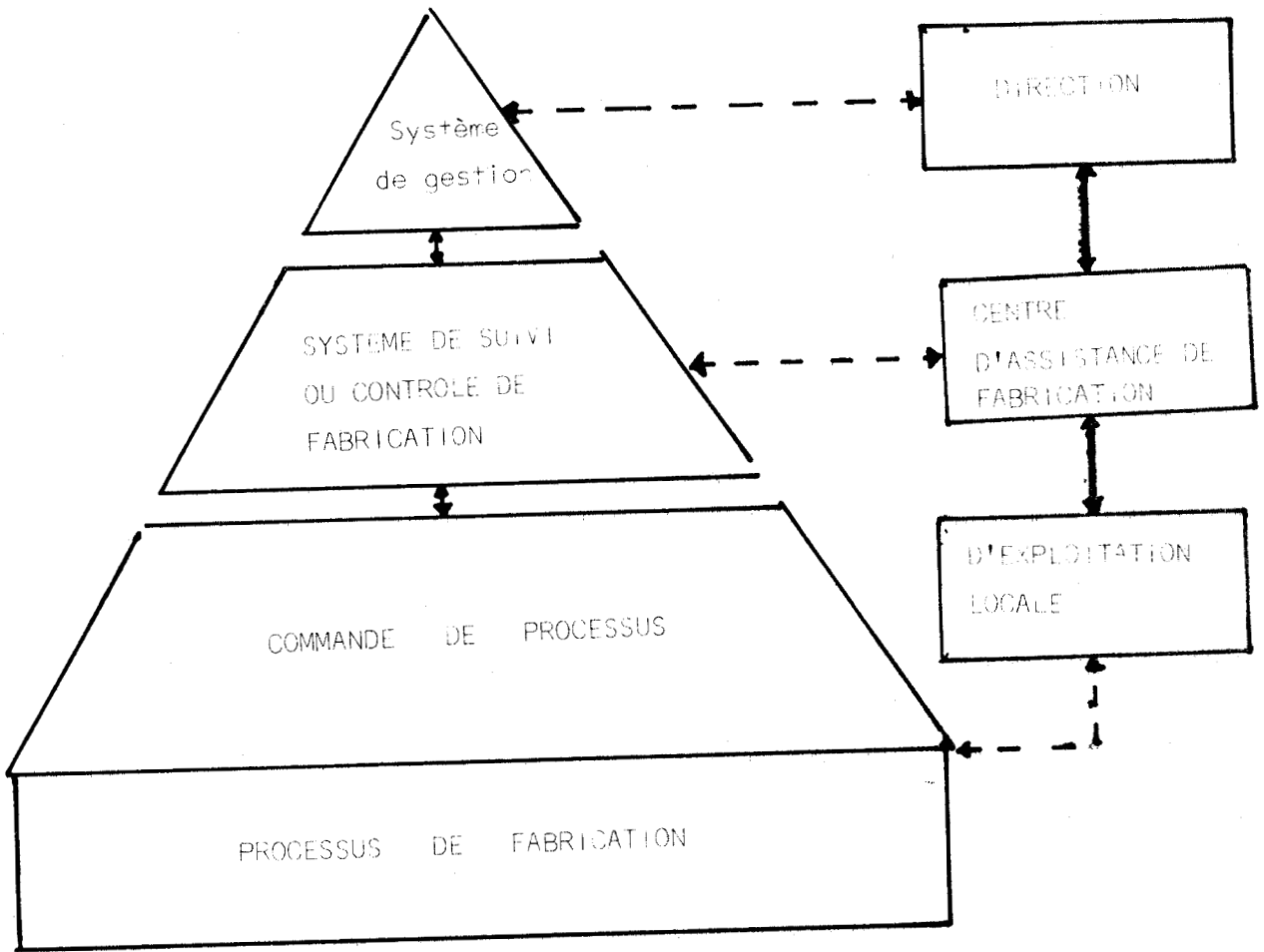


Figure 1.3.

Structure hiérarchique du système de production

I.4 - VUE D'ENSEMBLE DE L'ATELIER DE FABRICATION DE LA FRANCAISE DE MECANIQUE

Le problème d'assistance de fabrication qui fait l'objet de notre étude est celle de l'atelier de fabrication du Département X, de l'usine de la Française de Mécanique à Douvrin.

Il s'agit d'un atelier vérifiant les caractéristiques structurelles exposées plus haut (cf § 1.3.2.) .

Il a pour tâche d'usiner les différentes pièces constitutives d'un moteur thermique dans ses différentes versions.

1.4.1. - Les machines-outils

L'atelier est équipé de machines ayant des capacités de production très importantes. En effet, un grand nombre de machines sont capables d'usiner de 200 à 500 pièces à l'heure.

On comprend alors qu'il faut réagir très vite en cas de panne sous peine d'arrêter une unité de production toute entière par engorgement de pièces au niveau de la machine incriminée.

Ces machines étant aussi d'une grande complexité, on conçoit facilement qu'il faut suivre en permanence leur fonctionnement pour en déterminer les éventuels points faibles et vérifier leurs performances (points très importants pour décider des futurs investissements).

Les différents types de machines-outils rencontrées dans l'atelier sont décrites en § 11.6.

1.4.2. - Caractéristiques

Chaque pièce de moteur est soumise dans un chantier à un certain nombre d'opérations d'usinage, de contrôle, de nettoyage et de manutention qui transforment le produit brut en une pièce finie, prête à être utilisée au montage.

Un chantier regroupe un ensemble de machines spécifiques à l'usinage complet d'une pièce (exemple : les bielles, les vilebrequins ...).

L'atelier couvre une superficie de 34.000 m² environ et certaines unités de production dépassent 200 m de long.

Le temps moyen d'usinage des pièces est de 30 secondes environ.

La production journalière de l'atelier à la fin de décembre 1975 était de 540 moteurs.

1.4.3. - Fonctionnement de l'atelier de fabrication

a) L'atelier d'usinage est le centre d'un système composé de divers services. Comme le montre la figure 1.4, l'ensemble des services comprend :

- . l'approvisionnement en pièces brutes
- . l'entretien et la maintenance des machines-outils
- . le magasin d'outillage et le service de réaffutage
- . le contrôle de qualité.

Dans ce sens il est évident que l'un des buts fixés à un système d'assistance de fabrication et la coordination des fonctionnements d'un tel ensemble.

De plus il convient de préciser, avant de formuler les objectifs généraux de l'assistance de fabrication, la répartition et les tâches du personnel d'exploitation.

b) le personnel d'exploitation.

Dans le cas qui nous intéresse la répartition du personnel d'exploitation est donnée à la figure 1.5.

- . Le *chef d'atelier* dont le rôle est essentiellement administratif, ne sera pas directement concerné par l'assistance de fabrication.
- . Le *contremaître* réalise le programme de production, assure normalement l'entretien des moyens utilisés, évalue la consommation en outils et doit connaître la qualité des pièces usinées.

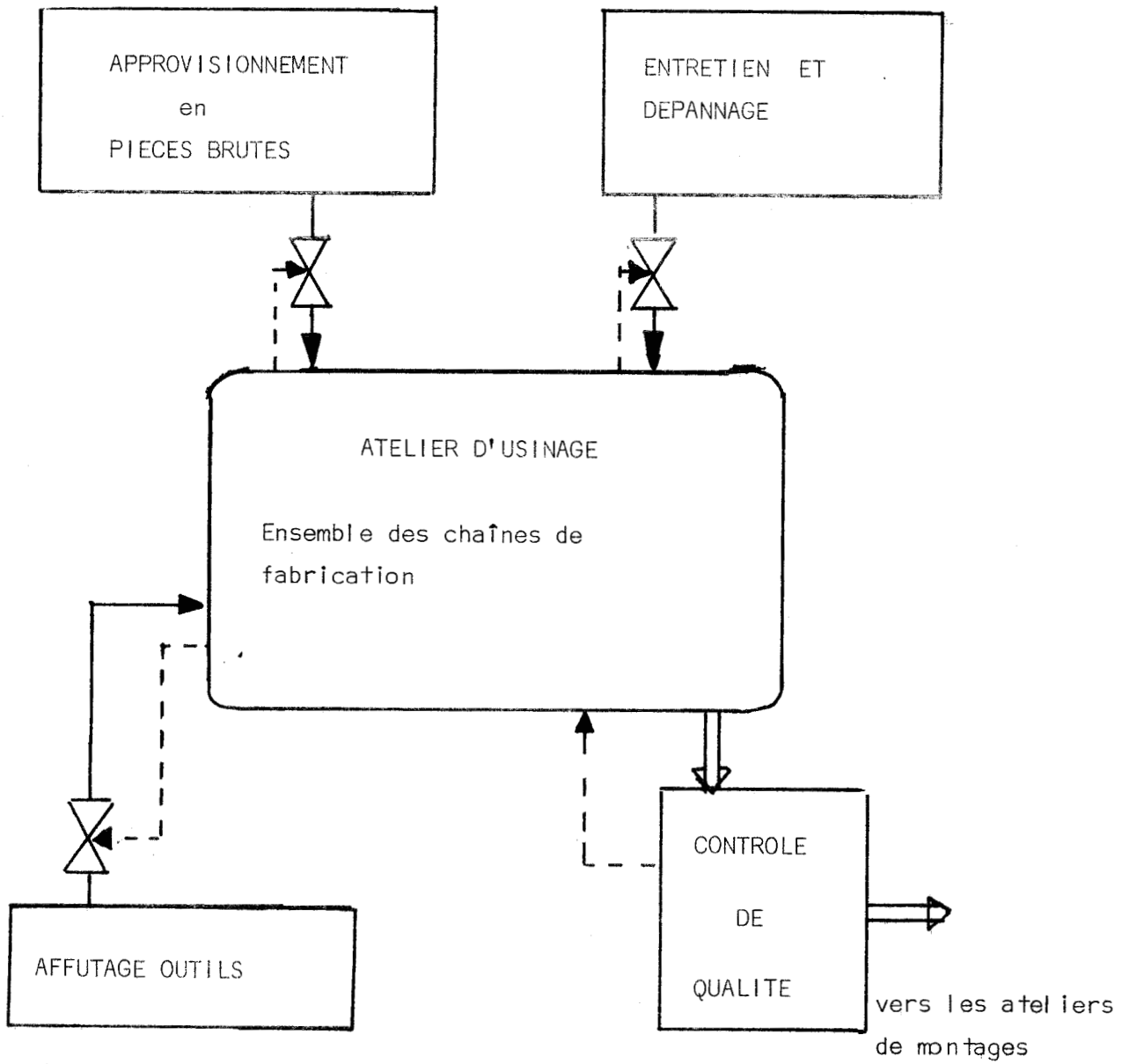


Figure 1.6

- traits pleins : flux de matières
- traits pointillés : lignes d'information et d'action



- . *Le chef d'équipe* assure l'organisation des postes de travail en fonction de la cadence prévue, veille à l'approvisionnement en pièces brutes de fonderie et en outils, doit connaître rapidement l'apparition d'une panne sur une machine, et enfin il est chargé d'appeler rapidement le service d'entretien.
- . *L'opérateur* est responsable d'une machine dont il doit assurer le bon fonctionnement (réglages, surveillance de l'état mécanique). Il gère ses outils (changement à la charnière), assure la production demandée, et doit appeler son chef d'équipe en cas de panne.

I.5 - LES OBJECTIFS DE L'ASSISTANCE DE FABRICATION (A.F)

D'après ce qui précède on peut définir un système d'A.F. comme devant permettre de constituer à la demande et en temps réel des " photographies " de l'état d'un atelier, ceci dans le double but :

- . d'améliorer la connaissance des problèmes techniques.
- . d'aider le personnel d'exploitation.

Ainsi elle doit permettre la maîtrise des problèmes de fabrication et la valorisation des tâches du personnel.

I.5.1. - Maîtrise des problèmes de fabrication

L'A.F. doit réaliser les fonctions suivantes :

- surveillance des conditions de fonctionnement des machines:
 - . approvisionnement en pièces brutes
 - . vérification des temps d'usinage élémentaire
- surveillance de l'usure des outils, conduisant lorsque le seuil maximum toléré est atteint à une alarme destinée à l'opérateur de la machine. Cette fonction devra tenir compte des contraintes imposées par l'usinage simultané de plusieurs types de pièces ainsi que de la nécessité de réduire l'influence d'une défectuosité matérielle du système.

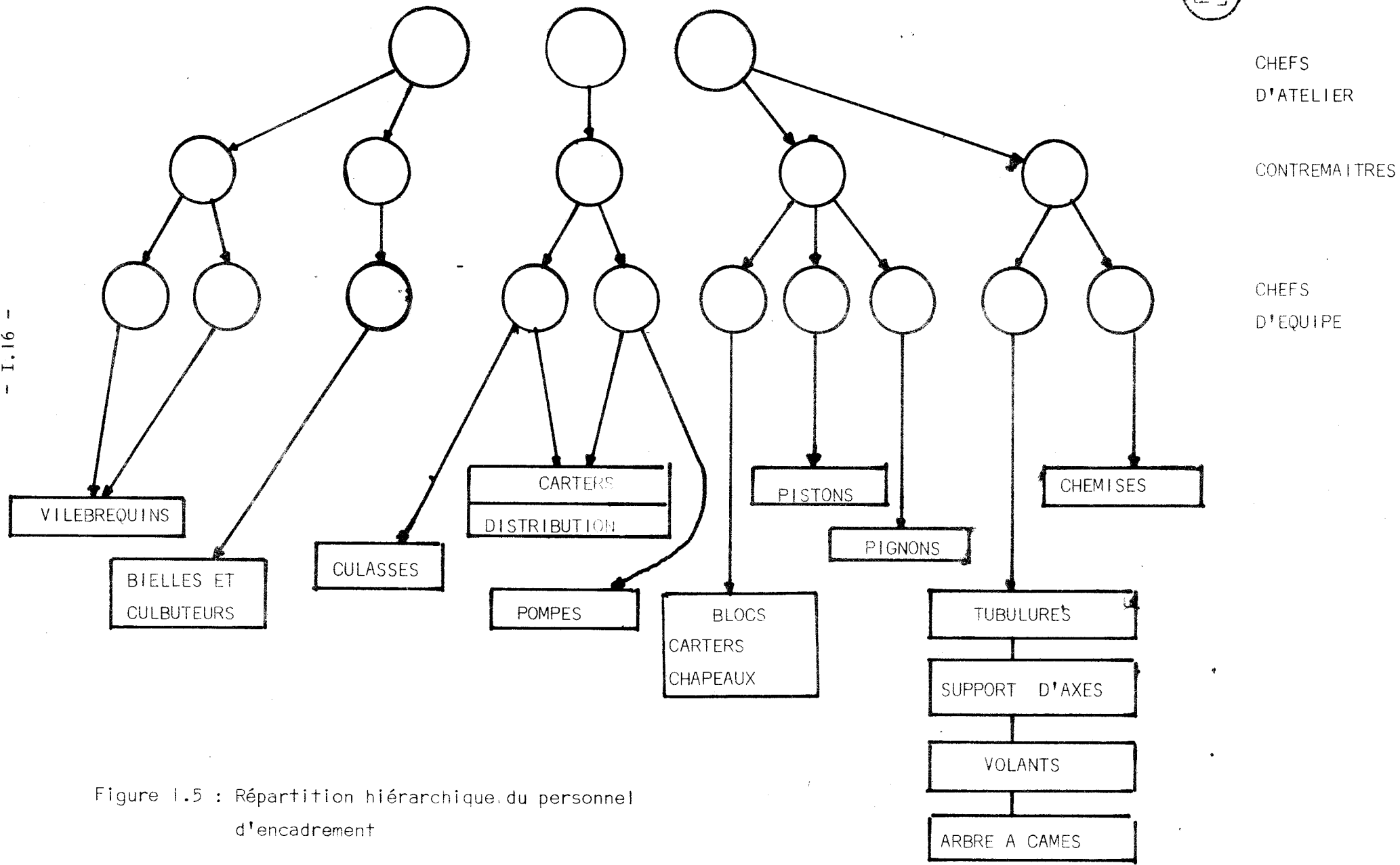


Figure 1.5 : Répartition hiérarchique du personnel d'encadrement

- l'analyse des temps productifs et improductifs en vue de documenter les dossiers des services de fabrication et des méthodes.

I.5.2. - La valorisation des tâches du personnel

L'A.F. doit également fournir les informations nécessaires à chaque catégorie de personnel afin de leur faciliter les prises de décisions.

. Pour l'opérateur de la machine, la connaissance de la production réalisée à tout instant et par type de pièces; l'état instantané de la machine lorsque celle-ci est en alarme (manque de pièces, engorgement, temps d'usinage non respecté); l'état d'usure des outils avec l'indication des classes d'outils devant être changés.

. Pour le chef d'équipe; en plus des informations mises à la disposition des opérateurs, un réseau de recherche de personne lui permettant de connaître les points où son intervention est souhaitée ainsi que le contact avec les services d'entretien ou des méthodes.

. Pour le contre maître, un état récapitulatif donnera la production réalisée par une équipe, les rendements réalisés ainsi que les principales causes d'arrêts et leurs durées.

Pour les services prestataires (méthode et entretien) la fourniture d'informations plus synthétique sur l'historique de machines, sur la tenue des outils, sur les fréquences et les durées de pannes par type de pannes.

I.5.3. - Sécurité du système d'assistance de fabrication

Le principe de la surveillance en temps-réel du processus de fabrication que nous venons de décrire repose sur l'élaboration des "images" du processus en évolution. De ce fait, un certain nombre des points sont à considérer.

.../...

Tout d'abord, le système d'assistance de fabrication doit permettre d'obtenir une image aussi précise que possible du processus. Cette image doit être concise dans le sens que l'on doit y inclure essentiellement les informations pertinentes pour la tâche de suivi. Des images comportant des redondances vont surcharger inutilement le système. Il y aura un ralentissement du traitement, conduisant à la création des files d'attente, il s'ensuivra des pertes d'information vitales pour la réalisation des fonctions de surveillance; ce qui mettra en cause la fiabilité du système.

Deuxièmement, l'élaboration des images ou la reconstitution des états des chaînes d'usinage par le système d'assistance de fabrication doit se faire à des cadences compatibles avec le temps de réponse du processus d'usinage lui-même.

Dans la conception du système il faut accorder une place importante à la gestion des alarmes de tous niveaux. Par ailleurs, une diffusion appropriée des informations doit être envisagée pour permettre une meilleure coordination des sous-systèmes constitutifs.

Enfin, le problème des pannes et des anomalies diverses doit être pris en considération à toutes les phases de la conception du système d'assistance de fabrication. Il faudra prévoir une reconfiguration du système permettant d'assurer en une marche " dégradée " un minimum de fonctions perturbées. A ce sujet un système décentralisé, et de conception modulaire est indiqué. En effet, la structure et l'organisation d'un tel système permet la détection ainsi que la localisation rapide et simple des pannes. Le problème d'isolement, de remplacement ou de séparation éventuelle des composants défectueux est ainsi simplifié ./ KEL /, / HEC /, / COU1 /.

CONCLUSION

Nous avons vu que le système d'assistance de fabrication est un système d'acquisition, de traitement et de rediffusion d'informations. D'autre part, la source d'information de base de ce système décisionnel est l'ensemble des processus d'usinage des pièces.

Naturellement, le cahier des charges de l'assistance de fabrication s'exprime en fonction des informations issues de ce processus. Certains termes dans le cahier des charges sont à préciser. Une telle précision permettra non seulement de mieux définir la structure du système global, mais aussi de déterminer de façon concise les divers sous-systèmes appelés à collaborer pour la réalisation des objectifs globaux de l'assistance de fabrication.

L'étude des points évoqués ici font l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE II

DEFINITION DES ETATS ET DES CARACTERISTIQUES

DES STATIONS DE MACHINES-OUTILS

INTRODUCTION

Nous avons constaté dans le chapitre précédent que la source d'information de base pour le système d'assistance de fabrication est le processus d'usinage.

De ce fait, une étude du comportement d'un poste de machine-outil s'impose.

Dans ce but, et afin d'éviter les difficultés associées à l'étude d'un processus réel et industriel, nous avons cherché un outil permettant de faire cette étude au moyen d'un modèle. Cet outil c'est la notion de réseaux de Petri / RdP/, / APE /, / PET / ...

Ce chapitre a pour but de préciser certains termes employés pour décrire le fonctionnement de l'ensemble des machines dans un atelier de fabrication. Cette étude est effectuée au moyen d'un modèle à base d'un réseau de Petri.

Les RdP offrent un moyen clair, sans ambiguïté, mais néanmoins simple pour la représentation du comportement d'un processus. Ceci, fait des RdP un instrument de dialogue pratique entre les utilisateurs et les chercheurs. La nécessité d'un tel instrument de dialogue a amené à l'adoption en France, pour l'élaboration de cahiers de charges, d'un type de RdP appelé GRAFCET.

A l'heure actuelle, les connaissances sur les RdP ne permettent pas de résoudre tous les problèmes posés par l'ensemble des systèmes pratiqués; il est souhaitable que se développent les liens entre les théories sur les automates, les graphes et les RdP.

Dans le domaine de la synthèse des circuits logiques de commande, un certain nombre de travaux fondés sur des modèles RdP ont été effectués. Par exemple, le problème d'un circuit logique dont le comportement sera indépendant de sa vitesse de fonctionnement est étudié dans l'amélioration de la fiabilité d'une classe de circuits par la détection de pannes dans / MAG /, et / HER /, la commande des automates programmables (une forme de machine-outil) dans / TOU2 /, le problème de synchronisation des sous-systèmes dans / DAD /, / COU1 /, /VAU /

I.1 - LES AVANTAGES DES MODELES A BASE DE RESEAUX DE PETRI

Les RdP s'avèrent très utiles à la modélisation des systèmes discrets caractérisés par les notions fondamentales d'EVENEMENT et de CONDITION.

La dynamique du système modélisé est celle d'un système à transition qui se traduit par une alternance de conditions et d'évènements. Une condition peut être fonction d'un évènement et vice-versa.

L'automatisation d'un processus implique un problème de synchronisation de deux sous-systèmes : dans le cas précis d'un poste de machine-outils le processus et le processeur sont respectivement P et π (cf. figure 1.1).

Dans une telle situation, l'apport d'un modèle à base de RdP permet de mettre en évidence les aspects et problèmes suivants :

- le parallélisme
- les conflits

Les solutions aux problèmes posés par les systèmes multiprocesseurs sont ainsi mieux résolus ou, tout au moins, mieux compris.

L'utilisation des RdP dans la synthèse d'une unité logique permet, dès le départ, de ne prendre en compte que les variables d'entrée qui varient (notion de réceptivité). Ceci constitue un grand avantage sur les méthodes classiques dont l'efficacité pratique diminue avec l'augmentation du nombre de variables d'entrée.

II.1.2. - Règles d'évolution d'un RdP

Considérons les schémas de figure 2.1 a-c. Pour la transition t, $t = \{ P_1, P_2, P_3 \}$ $t' = \{ P_4, P_5 \}$ où les P_i sont des places du RdP.

.../...

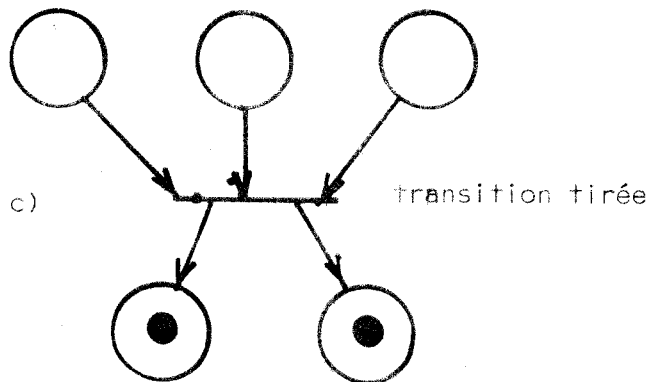
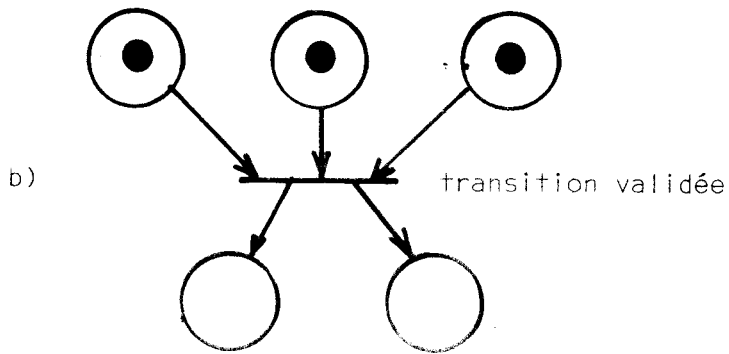
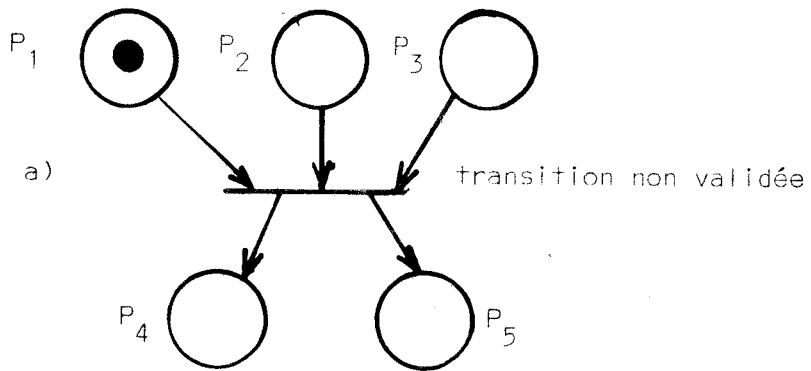


Figure 2.1



Lorsqu'une transition est validée, sa mise à feu est possible. Cependant, on n'a pas jusqu'à présent pris en compte le temps mis pour accomplir l'opération de tirage des marqueurs correspondants. Dans les schémas de la figure 2.1 ce temps correspond au temps de passage du marquage de la figure 2.b à celui de la figure c.

Cette constatation nous conduit à distinguer entre deux classes de transitions :

. Transition primitive

La mise à feu est instantanée.

Le temps est une variable continue. Il en suit que pour un RdP ne contenant que les transitions primitives, la probabilité d'avoir le déclenchement de deux ou plusieurs transitions est nulle.

. Transition non-primitive

La mise à feu a une durée finie.

Ce type de transition peut se décomposer, comme l'indique le schéma de la figure 2.2 en un DEBUT et une FIN de transition : deux transitions primitives.

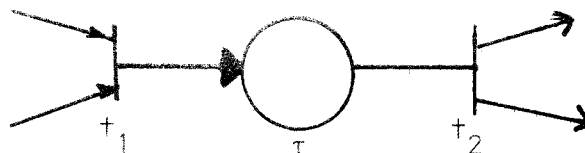


Figure 2.2

II.1.3. - Propriétés des RdP

II.1.3.1. - Conservation des marqueurs

Une propriété importante d'un RdP est la conservation de marqueurs.

Un RdP est conservatif, vis-à-vis de l'ensemble de ses marqueurs, si le nombre des marqueurs ne varie pas. Dans ce cas, pour toute transition $t_j \in T$, le nombre des places d'entrée est égale au nombre des places de sortie; soit : $|t^*| = |t^*|$.

Il s'ensuit que le réseau de la figure 2.3 n'est pas conservatif. En effet, $|t_1^*| = 1$ alors que $|t_1^*| = 2$.

Pour confirmer cette constatation, nous prenons le marquage initial M_0 et le vecteur associé (cf. A.1) :

$$\vec{M}_0 = q_0 = (1000)$$

L'ensemble des marquages accessibles à partir de M_0 est :

$$A(M_0) = \{ q \in \mathbb{N}^4; \exists W \in T^* \ q_0 \xrightarrow{W} q \} \text{ dont quelques}$$

éléments sont :

$$\begin{aligned} q_0 &\xrightarrow{t_1} q_1 = (0110) \xrightarrow{t_2} q_2 = (0011) \xrightarrow{t_4} q_3 = (1001) \\ &\xrightarrow{t_3} q_4 = (1100) \xrightarrow{t_1} q_5 = (0210) \dots \end{aligned}$$

Notons que $|A(M_0)| > k, \forall k \in \mathbb{N}$. (1)

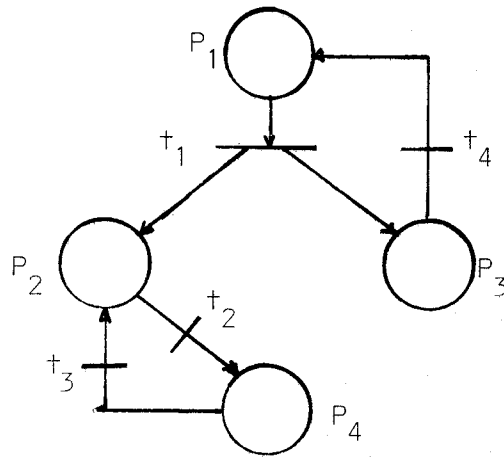


Figure 2.3

Ceci vient du fait que la place P_2 par exemple, peut accumuler un nombre illimité de marqueurs; il n'y aura donc pas de conservation de marqueurs dans le réseau.

Un RdP est BORNE pour le marquage initial M_0 si et seulement si pour tout marquage accessible à partir de M_0 , le nombre des marqueurs dans toute place est borné.

Le RdP est SAUF si cette borne est égale à 1 :

Un RdP est VIVANT pour le marquage initial M_0 si et seulement si toute transition peut être mise à feu pour tout marquage à partir de M_0 .

Le RdP de la figure 2.3 n'est pas borné. Il n'est donc pas sauf. D'autre part, ce réseau est vivant pour les marquages initiaux $q_0 = (1000)$ et $q'_0 = (0010)$, mais il ne l'est pas pour un marquage initial $q = (0100)$ ou pour $q = (0001)$.

II.1.4. - Interprétation d'un RdP

Le RdP est utilisé pour modeler un processus physique (ex:usinage de pièces) . Pour cela, il faudra donner un sens physique aux transitions et aux places.

L'évolution du réseau ainsi étiqueté va alors décrire l'évolution d'un processus particulier. C'est une interprétation du réseau original.

La borne sur le nombre de marqueurs dans toute place d'un RdP est une propriété d'importance pratique.

Pour illustrer ce propos, considérons le cas où la place P_2 (cf. figure 2.3) est destinée à modeler un compteur de pièces dont la fin d'usinage est l'évènement représenté par t_1 .

Nous avons vu que P_2 peut accumuler un nombre illimité de marqueurs. L'implémentation du RdP ainsi interprété va impliquer celle d'un compteur ayant une capacité illimitée. C'est un problème de faisabilité physique au niveau hardware.

La conservation de marqueurs dans un RdP est une autre propriété importante. Dans une interprétation d'un réseau, les marqueurs peuvent représenter des ressources physiques. Or, ces ressources se conservent. Il en suit que les marqueurs qui les représentent se conservent également.

II.2 - DEFINITION D'UN MODELE D'UN POSTE DE MACHINE-OUTILS

II.2.1. - Le modèle et le problème de l'assistance de fabrication

Il sera intéressant d'examiner le problème de la suivie d'un réseau de machine-outils au moyen d'un modèle ayant les propriétés d'un module vis-à-vis de ce réseau. La description du modèle se fait au moyen des RdP. L'intérêt de ce modèle est de mettre en évidence les problèmes posés par l'assistance de fabrication (précision des spécifications et redéfinition du cahier des charges) et ainsi d'aider à la détermination d'une solution réaliste.

La modularité du modèle permettra la description, non seulement d'un poste d'usinage, mais aussi des interconnexions particulières ou des classes de machines-outils dans l'atelier.

II.2.2. - Définitions relatives à un réseau de machines-outils

II.2.1.1. - Poste de machine-outil

Soit $P = \{ p_1 \dots p_\ell \}$ et $\Pi = \{ \pi_1 \dots \pi_k \}$

respectivement l'ensemble des parties opératives et l'ensemble des unités de commande (cf fig.1.1) d'un processus d'usinage.

Il est possible de définir une fonction d'allocation des processeurs ou des unités de commande.

$$f_\pi : P \rightarrow \Pi$$

définie par : $f(p_i) = \pi_i \quad \forall p \in P \text{ et } \pi \in \Pi$. Nous appelons un poste de machine-outil, tout couple :

$$m_i = (p_i, \pi_i)$$

Comme nous l'avons déjà constaté (cf 1.3.2.2) un certain nombre fini de postes sont en interaction pour la réalisation des tâches d'usinage.

II.2.1.2. - Station de machine-outil

Une station de machine-outil est un réseau dont les noeuds sont constitués par un certain nombre fini de postes :

$$M = \langle m_1, m_2 \dots m_N \rangle \text{ où } N \in \mathbb{N}.$$

Notons que dans cette formulation, un poste est une sous station mais pas réciproquement.

II.2.3. - Fonctionnement d'un poste d'usinage

Nous avons représenté la machine-outil et son armoire d'automatisme par un système de commande (cf. I.3.2.1.).

Ce système, $m = (P, \Pi)$ constitue la source d'information de base pour le système d'assistance de fabrication.

Dans le cas le plus courant le poste comporte :

E, et Y respectivement ensembles d'entrée et de sorties de pièces:

B_E et B_S , respectivement ensemble des buffers ou cellules de stockage temporaire de pièces. Ces deux sous-ensembles ne sont pas nécessairement disjoints.

II.2.3.1. - Le processus mécanique

Le fonctionnement du poste s'explique comme suit :

soit $U(t_i) = U_i$, le signal de commande issue de l'unité Π à l'instant t_i . Ce signal est élaboré à partir de l'état X_i du processus mécanique (état de divers organes moteurs) et de la consigne C_i appliquée à Π à l'instant t_i .

Ainsi $U_i = U(X_i, C_i)$ est le signal qui sera appliqué aux divers moteurs de la machine. L'effet sera le déplacement dans l'espace de diverses parties mobiles de la machine. Ces articulations résultantes, en présence des forces externes, vont changer l'aspect de la machine relativement à l'instant t_i .

La machine effectue une suite d'opérations commandées par l'ordre U_i .

Nous pouvons définir une opération d'usinage comme résultant d'une série d'articulations des parties mobiles de la machine permettant de changer un aspect physique quelconque d'une pièce (y compris le changement de coordonnées dans l'espace).

En ce qui concerne la transformation de pièces, l'ensemble fini des opérations Ω peut se décomposer en deux sous-ensembles.

Ω_{DE} : ensemble des opérations de déplacement de pièces.

Ω_{TR} : ensemble des opérations d'usinage proprement dit
(les opérations sont effectuées par un certain nombre d'outils ou d'opérateurs).

Une tâche d'usinage T est une séquence d'opérations dans $\Omega = \{ \omega_1 \omega_2 \omega_3 \dots \omega_s \}$, $s \in \mathbb{N}$.

L'ensemble de toutes les tâches réalisables au poste m_i sera désigné par $J(m_i)$ ou par J_i lorsque aucune confusion n'est possible.

A chaque opération ω_k dans une tâche donnée, on associe un ensemble de résultats :

$$R(\omega_k) = \{ \omega_k^1, \omega_k^2, \omega_k^3, \omega_k^r \} \quad r \in \mathbb{N}$$

II.2.3.2. - Circuit de commande

Dans le cas général, l'unité de commande II comporte un circuit électrique permettant de contrôler le processus mécanique. Lorsqu'il s'agit d'un circuit logique, nous pouvons le représenter par une machine séquentielle S (cf A.9) dont l'évolution se décrit par un réseau de Petri R_S .

II.2.4. - Définition du modèle

Une machine-outil fabricant des pièces peut être considérée comme un poste multi-service défini par :

$$\hat{m} \hat{=} (B, \Omega, S), \text{ où ;}$$

B est un ensemble fini de cellules de stockage temporaire de pièces,

Ω un ensemble fini d'opérations permettant de réaliser la transformation des pièces et

S la commande pour l'ordonnancement des opérations de transformation.

Le fonctionnement d'un poste d'usinage peut être assimilé à celui d'une station de service dans la théorie classique de phénomènes d'attente. Le modèle sera alors caractérisé par :

F_a : fonction de répartition relative aux objets,

F_s : fonction de répartition relative aux services,

N_{op} : nombre de serveurs ou opérateurs .

Sans aucune perte de généralité, nous admettons que le service est du type FIFO.

II.2.5. - Exemple de poste d'usinage

L'un des postes de machines-outils le plus fréquemment rencontré dans les ateliers de fabrication de pièces peut se représenter par un schéma tel que celui de la figure 2.4 .

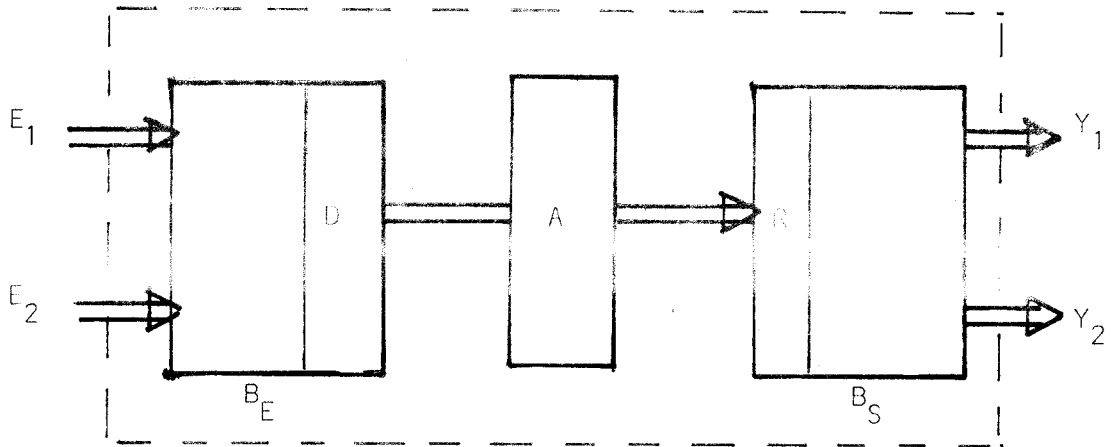


Figure 2.4

Dans les termes du modèle \hat{m} précédemment défini :

$$E = \{E_1, E_2\}, Y = \{Y_1, Y_2\}$$

$$B = \{B_E, B_S, A\}$$

II.3 - DEROULEMENT D'UNE TACHE A UN POSTE D'USINAGE

II.3.1. - Opérations dans un cycle de transformation

Le RdP de la figure 2.4 est une description de la transformation d'un lot de pièces à un poste \hat{m} donné. Les macroplaces (MAB1), désignées par des lettres a, b, c, ..., sont relatives au séquenceur S, tandis que l'ensemble de places 1 à 7 se rapporte au processus. Cette distinction entre les deux classes de places est d'une importance non négligeable pour la surveillance de l'ensemble du système de commande \hat{m} représenté.

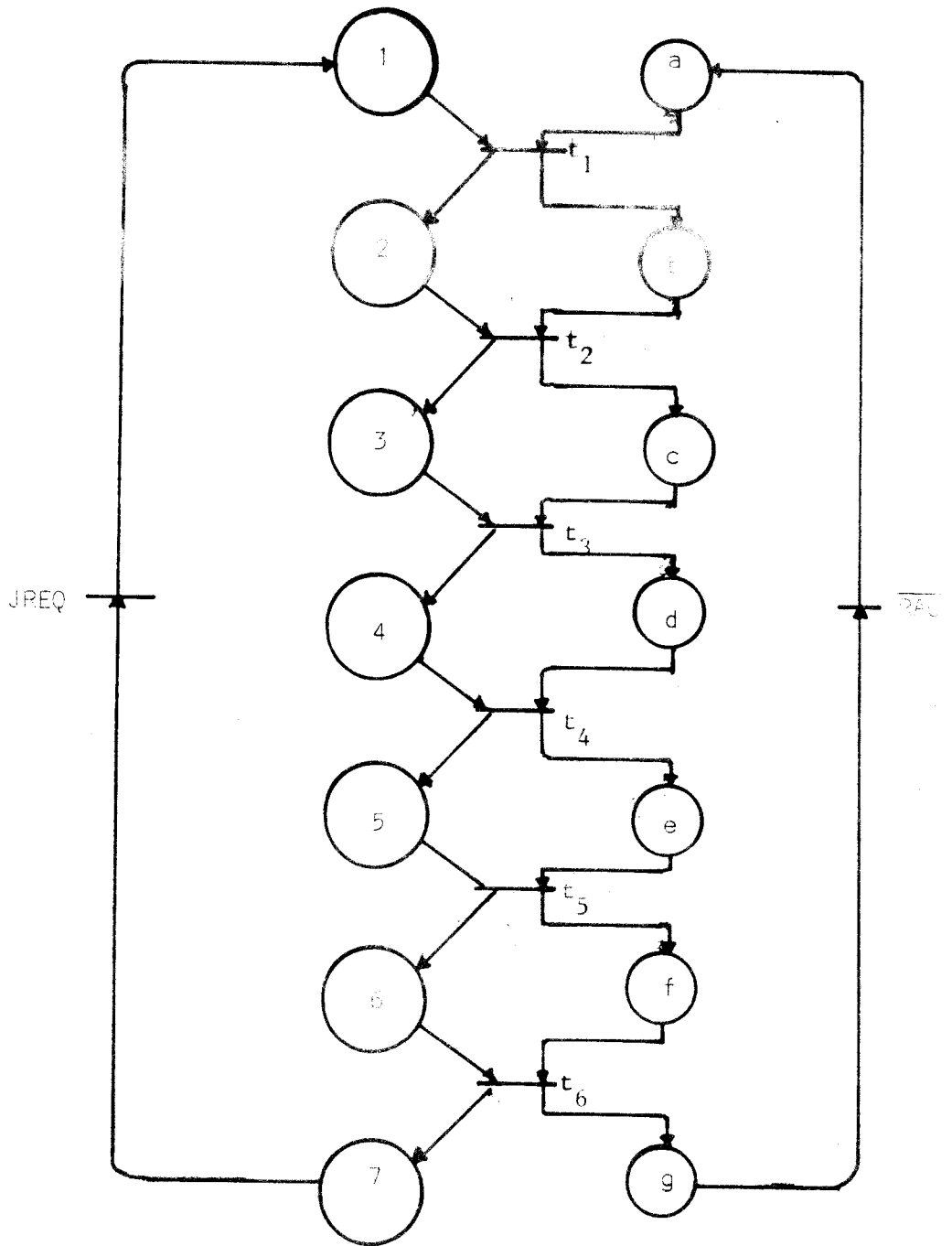


Figure 2.5



Les étapes essentielles de la transformation se résument
comme suit :

- 1 - Initialisation de la tâche T e J; pré-réglages,
introduction et bridage du lot des pièces à usiner
chargement de D.
 t_1 : le lot d'entrée correspondant à J est prêt;
on est donc au début du chargement de celui-ci en A;
c'est le début de cycle.
- 2 - Pendant qu'on amène les pièces bridées aux côtés voulus,
deux possibilités :
 - i - les opérateurs de transformation (outils) sont déjà
lancés.
 - ii - le lancement des opérateurs est conditionné, par exemple:
résultat de contrôle des côtés, nombre de pièces etc ...
- 3 - Une temporisation éventuelle pour raison de sécurité, la
fin étant la mise à feu de t_3 .
- 4 - Les pièces subissent les opérations dans Ω_{TR} qui sont
impliquées par J.
 t_4 : fin de l'usinage proprement dit, fin d'engagement (FEN).
- 5 - Intervalle de non-engagement (NE); dégagement des outils.
 t_5 = début de dégagement des pièces bridées de A
- 6 - Dégagement du lot des pièces bridées
 t_6 : début de débridage et sortie en R des pièces.
- 7 - Transfert et chargement du lot des pièces usinées dans R.
La fin de cette opération est la fin de cycle (FCY).

II.3.2. - Trafic de pièces

L'acheminement des pièces qui venaient d'être transformées dépend du résultat de la transformation. La différenciation des pièces peut se faire automatiquement au moyen des voies de sorties Y_1 et Y_2 (cf. figure 2.4).

La sortie Y_2 peut être utilisée pour le recyclage éventuel des pièces ayant un défaut quelconque (rébut),. Dans ce cas l'entrée E_2 peut servir d'entrée secondaire.

REMARQUE :

=====

Notons que d'une manière générale, le réseau de la figure 2.5 caractérise une interaction synchrone, les conditions de synchronisation pouvant être issues d'une unité de commande programmable /TOU1 /ou non (DAD). Ce réseau appartient donc à la classe des réseaux ayant la forme représentée par la figure 2.6 .

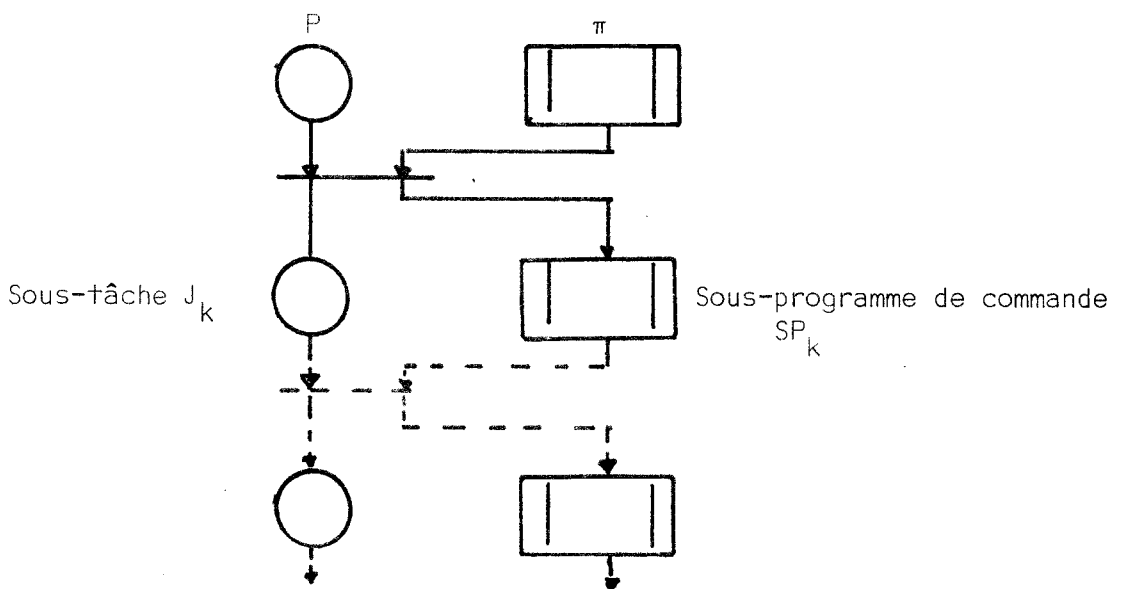


Figure 2.6

II.4 - DEFINITION DES ETATS D'UNE SOUS-STATION

Pendant la transformation des pièces à une station réelle, de nombreuses situations se rencontrent qui soulèvent, parmi d'autres facteurs, le problème de la circulation des pièces dans le système. Le modèle (4) qui est utilisé pour décrire le comportement du poste de la machine-outil est, en un sens, similaire à une station multi-serveur.

La création de files d'attente de pièces en certains points d'un processus de production de ce type est un phénomène courant; et, de ce fait, de nombreux auteurs parmi / MOT/, / PRO /, /LEE / ont élaboré des modèles grâce auxquels certains problèmes de la gestion ont été étudiés.

Les goulots d'étranglement et les embouteillages ont une conséquence négative sur la production. Tantôt, les machines-outils fonctionnent sans fournir le moindre travail à cause d'un manque de pièces, tantôt, elles sont bloquées à cause d'une arrivée en sur nombre des articles. On peut dans ce cas s'attendre à des pannes de machines. Un opérateur humain étant présent dans le système, ses actions vont influencer l'évolution du processus de transformation.

Ces considérations mettent en évidence le fait qu'un bon système de contrôle doit être capable de détecter et de minimiser chaque anomalie possible du processus sous contrôle. Cependant, des définitions précises de chacun des états du processus sont requises pour remplir cet objectif. Dans la section suivante, nous donnons les définitions d'état et les termes qui leur sont liés et qui sont d'une importance primordiale dans les tâches de contrôle d'un système.

II.4.1. - Cycle (CY)

Un poste de machine-outil est dit EN CYCLE (de transformation) à un instant donné, si on y attend la fin correspondante d'une opération dans une tâche de transformation initialisée antérieurement à cet instant.

En se référant au modèle \hat{m} , la station est en cycle à un instant t , si, à cet instant, les conditions suivantes sont vérifiées :

- a) le poste est actif, c'est-à-dire le système de commande S est sous tension
- b) un processus de transformation J a été initialisé par une condition I applicable à S comme décrit en ...
- c) il y a au moins une opération dont l'initialisation est exécutée par I et dont l'achèvement ne s'est pas produit.

II.4.2. - Temps de cycle (TCY)

L'intervalle de temps durant lequel un poste est en cycle est appelé TEMPS DE CYCLE.

Formellement, le temps de cycle est l'intervalle de temps continu défini par $T_{cy} = \{ t; t \in (a,b) \}$ où a et b sont respectivement le commencement et la fin d'un intervalle où les trois conditions ci-dessus sont vérifiées.

Puis l'initialisation d'une tâche à une station est engendrée par la présence d'une condition logique, (un mot applicable à S), on pourrait noter que la définition du cycle relatif à un poste demeure valable, qu'il s'effectue effectivement ou non, une transformation sur une pièce. Cela nous amène à distinguer entre deux types de cycle.

II.4.3. - Cycle actif ou normal (CYN)

Un cycle dans lequel une transformation est effectuée sur un ensemble de pièces d'entrée est un cycle ACTIF ou NORMAL.

La catégorie d'opérateurs qui agissent dans ce type de cycle sont dits " engagés ".

II.4.4. - Cycle à vide (CYV)

Un cycle qui est effectué sans transformation sur des pièces réelles est un cycle A VIDE.

L'ensemble correspondant d'opérateurs actifs dans un cycle à vide sont dits "oisifs".

II.4.5. - Saturation (SAT)

Relativement au modèle \hat{m} , un poste de machine-outil est SATURÉ à un instant donné, si la somme des pièces dans son registre de sortie et celle des pièces en transfert de A (registre d'opération) en R, suite à un cycle précédent, est plus grande que la capacité de R.

$$|A| + |R| \geq |R| \rightarrow \text{SATURATION (cf. figure 2.4)}$$

II.4.6. - DESAMORCAGE (DES)

Un poste de machine-outil est EN DESAMORCAGE à l'initialisation d'un cycle, s'il y a plus d'opérateurs initialisés qu'il n'y avait de pièces dans le registre d'entrée D.

II.4.7. - Non-engagement (NE)

Un poste est en état de non-engagement, si la seule condition nécessaire pour qu'il entre en cycle est l'initialisation d'une tâche.

II.5 - IMMOBILISATION D'UN POSTE D'USINAGE

Les définitions précédentes sont relatives à un poste d'usinage en opération. Les événements associés sont propres au poste dans le sens qu'ils sont engendrés par lui-même.

Compte tenu des remarques concernant l'environnement (cf I.3.3.), et notamment, la présence d'un opérateur humain, on définit des termes relatifs à l'environnement pour compléter la description d'un poste de machine-outil en fonctionnement normal.

L'immobilisation d'un poste de machine-outil peut survenir à des instants non toujours préalablement prévus.

II.5.1. - Arrêt machine (AM)

Quelle que soit la cause de l'immobilisation, (blocage des parties articulées), le poste sera dit dans l'état d'ARRET.

Les causes d'arrêt machine dans l'atelier de la Française de Mécanique comprennent :

PANNES : Une machine peut s'immobiliser d'elle-même suite à une panne. L'arrêt peut aussi survenir par la suite d'une constatation de panne ou d'anomalie quelconque de fonctionnement. Dans ce cas l'immobilisation résultera d'une décision visant à éviter une transition dans un ou plusieurs états non-favorables au processus d'usinage, (question de sécurité d'hommes et de matériel).

Parmi les événements engendrés par l'environnement et qui peuvent conduire le poste à l'état d'arrêt, il y a :

Disponibilité (DIS): une décision d'immobiliser le poste : par exemple lorsque le dernier a fini son travail avant la date prévue.

Changement d'Outil (CO) : Un arrêt-machine peut être provoqué par le dépassement de la charnière par un ou plusieurs outils du poste.

La machine doit être à l'arrêt pour permettre à l'opérateur humain d'effectuer le changement de l'outil défectueux.

Manque de personnel (MP) : Par mesure de sécurité, un poste peut être immobilisé lorsqu'il manque un agent du personnel qui lui est désigné. C'est le cas, par exemple, de l'absence d'un opérateur pour effectuer un changement d'outil anticipé.

II.6 - DEFINITIONS DES CLASSES DE MACHINES-OUTILS DANS L'ATELIER DU

DEPARTEMENT X

La superficie de l'atelier est d'environ 34 000 mètres carrés. Les machines-outils que l'on rencontre dans l'atelier peuvent être classifiées comme suit :

II.6.1. - Machines à poste unique

Deux types sont à distinguer, soit :

a) Machine simple : un seul transformateur, par conséquent cette machine effectue un et un seul type d'opération d'usinage par cycle de transformation.

b) Machine multi-transformateur :

Plusieurs transformateurs travaillent en parallèle, de sorte qu'une ou plusieurs pièces subissent chacune simultanément, une ou plusieurs opérations dans un cycle.

II.6.2. - Machine à postes multiples

Deux types de configurations, résultant d'interconnexions des machines en a) et ou b) sont à signaler, ce sont :

- a) Machine transfert : Ce type de machine a un nombre fini de postes d'usinage disposés en ligne, de sorte que chaque poste soit lié au suivant par l'intermédiaire d'une barre de transfert ou d'un convoyeur automatique. On emploie couramment le terme " chaîne d'usinage " ou " machine transfert " pour ce type de configuration. Notons qu'une chaîne d'usinage peut atteindre 200 m de long.
- b) Machine circulaire : Une machine circulaire est comparable à une machine transfert, la différence principale étant que les postes d'usinage forment un cercle, d'où le nom. Notons que pour cette configuration des postes d'usinage, le point d'entrée des matériaux bruts est près du point de sortie des matériaux transformés.
- Notons que le terme " poste de machine-outil " s'étend aisément aux postes de lavage, de refroidissement, de stockage temporaire (un poste pour lequel $\Omega_{EF} = \emptyset$), etc ...

II.7 - CARACTERISTIQUES D'UN POSTE D'USINAGE

II.7.1. - Temps de production

Il ressort des paragraphes précédents que le temps d'occupation d'un poste de machine-outil par une tâche d'usinage (temps de production) dépend à la fois des pièces à usiner et du poste engagé dans cette tâche.

En effet, le temps d'exécution de la tâche d'usinage J_k est la somme des durées suivantes :

$\tau_1 (J_k)$: Temps de préparation du poste pour la tâche

$\tau_2 (J_k)$: Durée de la transformation effective (durée de l'exécution des opérations dans Ω_{TP}) pour la tâche. Cette durée dépend de la taille du lot, ainsi que de l'efficacité de la machine.

$\tau_3 (J_k)$: Le temps de transport du lot de pièces depuis l'entrée jusqu'à la sortie du poste.

Il faut aussi tenir compte du temps où la machine tout en étant sous-tension (MST) n'est pas engagée dans un cycle actif (par exemple réglages).

Le temps total pendant que la machine est sous tension (MST) est la somme :

$$T (MST) = \sum_k^{N_J} \sum_{i=1}^3 \tau_i (J_k) + \tau_I$$

où le N_J est le nombre des tâches d'usinage effectuées, et τ_I représente le cumul de temps pendant que la machine est sous-tension et n'est pas en cycle actif.

II.7.2. - Cadence

La cadence v d'un poste de machine-outil est le nombre de pièces usinées en une centième de minute par le poste; soit :

$$v = 6\,000 \text{ pièces/s.}$$

A ce point, il est évident que si l'on considère le problème de la minimisation du cumul de temps de production, une solution sera fonction non seulement du système de suivie, mais aussi d'une politique appropriée d'ordonnancement.

11.7.3. - Charnière d'un outil

La charnière d'un outil est une valeur théorique qui résulte d'un compromis entre les frais dûs à une usure excessive d'un outil, et les frais dûs à l'arrêt de la machine pour changement d'outil.

Pour une classe d'outil donnée, la valeur de la charnière s'exprime en nombre de pièces usinées depuis le réaffutage de l'outil.

Comme le montre la figure 2.7 la durée de vie L exprimée en nombre de pièces est une fonction décroissante du nombre de pièces usinées entre deux réaffutages.

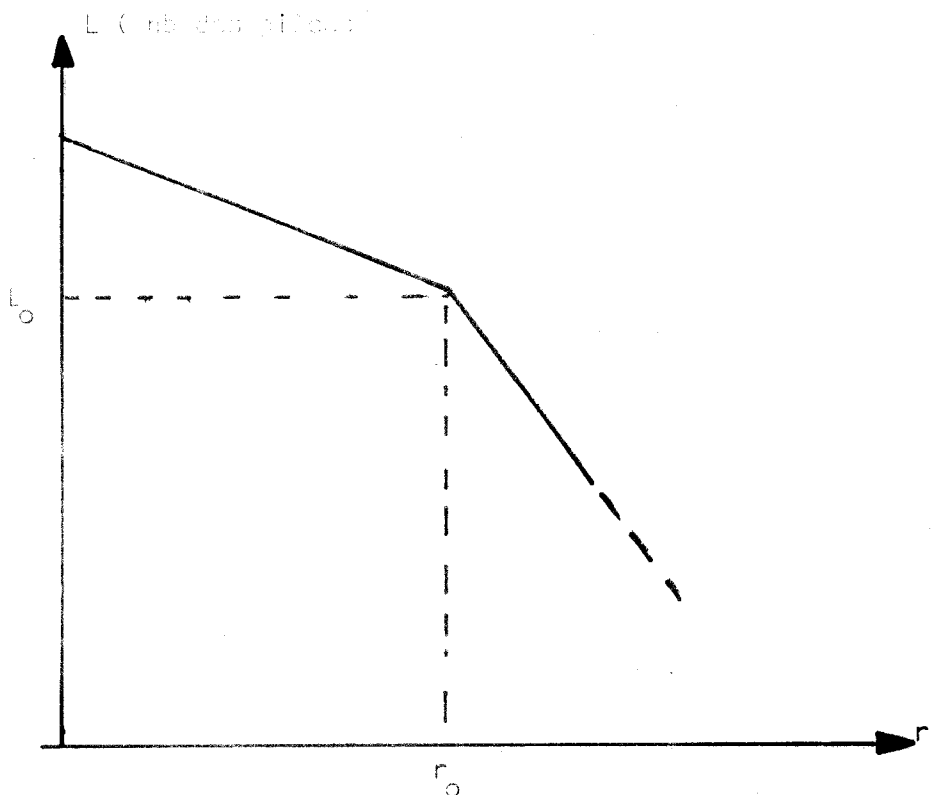


Figure 2.7

r : nombre de pièces entre deux réaffutages

Remarquons ici qu'un outil usé peut être une cause d'une augmentation du temps de cycle effectif. Or, l'usure est une fonction croissante de la durée du temps de cycle effectif.

Dès lors, la gestion de temps de cycles effectifs dans le problème de suivi implique la gestion des outils employés dans ces cycles de transformation.

II.7.4. - Usure moyenne des outils d'une classe donnée

Soit q le nombre moyen des pièces usinées entre deux affutages et p la valeur de la charnière, pour la classe considérée; l'usure moyenne est :

$$v = L/r$$

II.7.5. - Rendement par poste de machine-outil

Soit θ la quantité de pièces produite et T_{DIS} le temps de mise en disponibilité pendant le temps d'ouverture T (MST) : le rendement est donné par :

$$\rho = \frac{\theta \times 1000}{\sqrt{\{T(MST) - T_{DIS}\}}}$$

II.8 - INTERCONNECTION DES POSTES DE MACHINES-OUTILS

II.8.1. - Le problème d'interconnection

La plupart des machines-outils à postes multiples peuvent être considérées comme une interconnection d'un certain nombre de machines à poste unique. C'est le cas, par exemple, d'une machine transfert.

Récemment, /COF/ et /DAD/ ont étudié le problème de l'inter-connection des machines simples pour en former un système relativement complexe.

En effet les interactions possibles de deux machines-outils $m_1 = (P_1, \Pi_1)$, $m_2 = (P_2, \Pi_2)$ sont représentable par le schéma de la figure 2.9.

Comme l'indique la figure, les interactions peuvent être de types suivants :

- Entre processus P_1 et P_2 , voie (1)
- Entre unités de commande Π_1 et Π_2 , voie (2)
- Entre une unité de commande et processus,
 Π_1 et P_2 d'une part, voie (3) et
 Π_2 et P_1 d'autre part, voie (4).

Les voies a_i et b_i sont respectivement pour la transmission de commande et signaux d'état, (cf. 1.1).

Les échanges d'informations entre les deux unités de commande ainsi interconnectées se font selon les transitions indiquées par les figures 2.9,a,b et c.

II.8.2. - Classes de machines

La classification des machines-outils est dûe largement aux types de réseaux formés par l'interconnection des postes constitutifs.

Considérons la station :

$M = \langle m_0, m_1, m_2, \dots, m_N \rangle$; $N \in \mathbb{N}$ et désignons par $E(m_i)$ et $S(m_i)$ respectivement l'entrée et la sortie (relatives aux produits) du $i^{\text{ème}}$ poste.

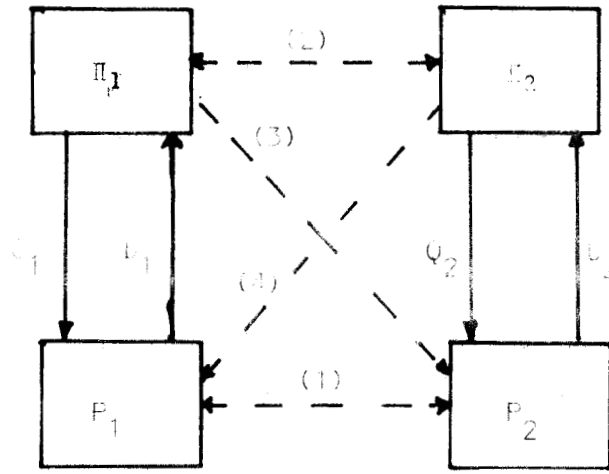


Figure 2.8

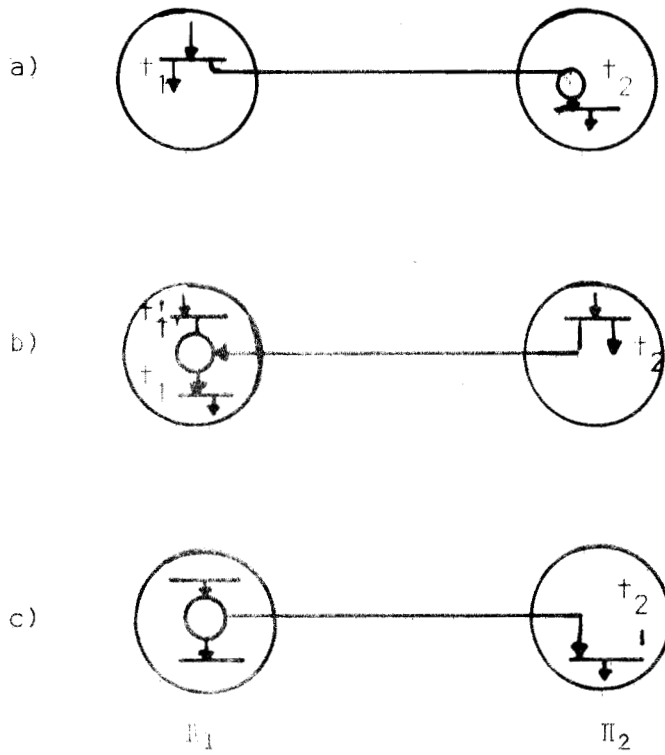


Figure 2.9



La classe de machines-transferts est caractérisée par :

$$S(m_i) = E(m_{i+1}) ; i = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$E(m_0) \eta S(m_N) =$$

m_0 , m_N sont appelés respectivement poste de chargement et de déchargement. Chacun des deux postes pouvant être opéré en mode manuel ou automatique.

II.8.3. - Classes d'outils et de pièces

Pour un poste d'usinage donné, l'ensemble des outils coupants peut être partitionné en un certain nombre de classes. En pratique chaque classe d'outil comprend des outils ayant en commun, un certain nombre de caractéristiques physiques, vis-à-vis du processus de transformation des pièces.

Désignons par $U = \{u_1, u_2, \dots, u_M\}$, $M \in \mathbb{N}$ l'ensemble des outils coupants et par $C_k(U)$ la $k^{\text{ième}}$ classe d'outil, $1 \leq k \leq M$.

Le raisonnement précédent conduit à définir pour le poste considéré un ensemble de pièces usinables $I = \{i_1, i_2, \dots, i_P\}$ $P \in \mathbb{N}$, et des classes $C_p(i)$, $1 \leq p \leq P$ correspondant.

Remarquons qu'un outil donné peut usiner des pièces appartenant à différentes classes $C_p(i)$.

II.9 - CARACTERISATION DES CLASSES DE MACHINES-OUTILS

Une machine à poste unique est schématiquement représentée par la figure 2.3.

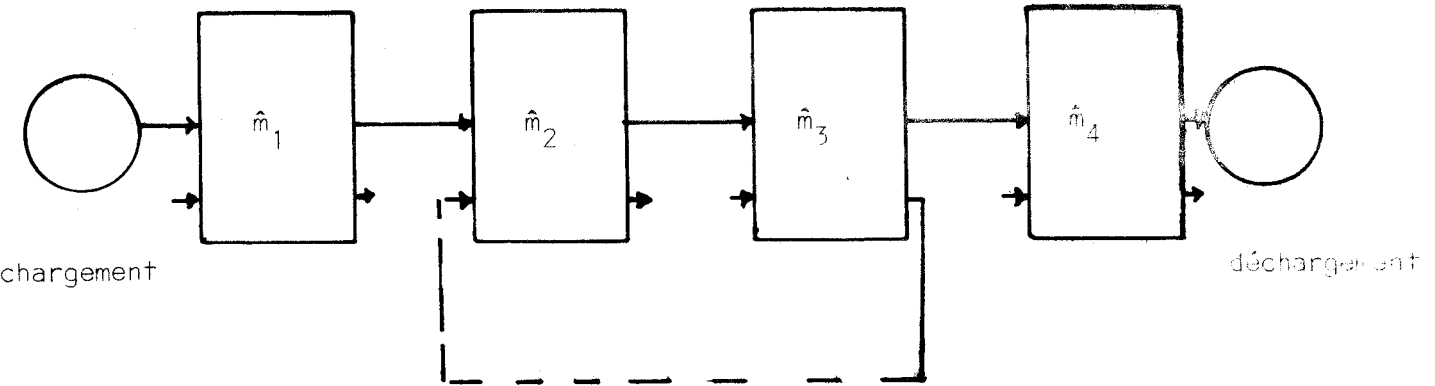


Figure 2.10

. Pour une machine simple (cf § 6.1. a) on a :

$|U| = |C(U)| = 1$, $v_K = v_1$ ou v_K est le nombre de sous-cycles effectués par l'outil de classe K dans une tâche d'usinage.

. Dans la classe des machines à poste unique multi-transformateur, se trouve la machine parallèle banale pour laquelle :

$$|I| = P_1, |C(I)| = P, |U| = M, |C(U)| = 1 \quad v_1 \in \mathbb{N}$$

La figure 2.10 illustre le cas d'une machine transfert simple modélisée à partir d'une interconnection de 4 postes \hat{m}_i .

II.10 - ETUDE DE LA SURVEILLANCE D'UNE SOUS-TACHE D'USINAGE

Pour conclure la description d'un poste d'usinage, nous exposons ici les points essentiels d'un exemple permettant de trouver un schéma de suivi d'une tâche d'usinage.

Il s'agit d'une machine à poste unique dont les paramètres de cycle sont les suivants :

$$|I| = 1, |C(I)| = 1$$

$$|U| = 3, |C(U)| = 3$$

$$v_K = 1, 1 \leq K \leq 3$$

L'ensemble d'opérations est représenté par $\Omega_s = \{a;b;c\}$. Le séquenceur S initialise les 3 opérations simultanément. Les durées moyennes d'exécution des opérations dans un cycle sont :

$$T_a = 10 \text{ s}, T_b = 20 \text{ s}, T_c = 35 \text{ s}$$

Les spécifications à respecter dans tout cycle de transformation comprennent les conditions suivantes :

$$5 \text{ s} < T_\alpha < 15 \text{ s}$$

$$10 < T_\beta < 20 \text{ s}$$

$$25 < T_\gamma < 35 \text{ s}$$

où T_α , T_β et T_γ sont les temps d'exécution des opérations a, b, et c, respectivement.

II.10.1. - Etude de l'évolution des séquences d'opérations

Afin de réaliser la tâche de surveillance spécifiée par l'exemple, il est nécessaire d'avoir un modèle du processus du cycle des opérations (a, b, c). Le réseau de la figure 2.11 a décrit le fonctionnement des trois transformateurs de pièces. Ce graphe est réductible à celui de la figure 2.11 b.

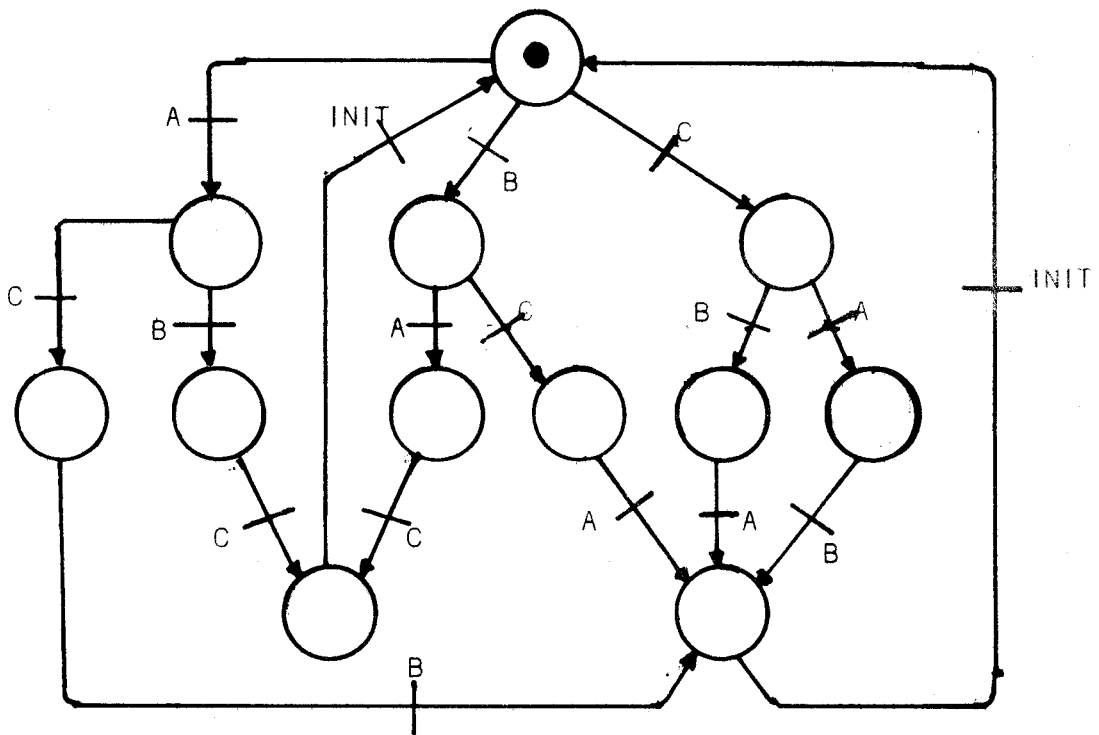


Figure 2.11 a

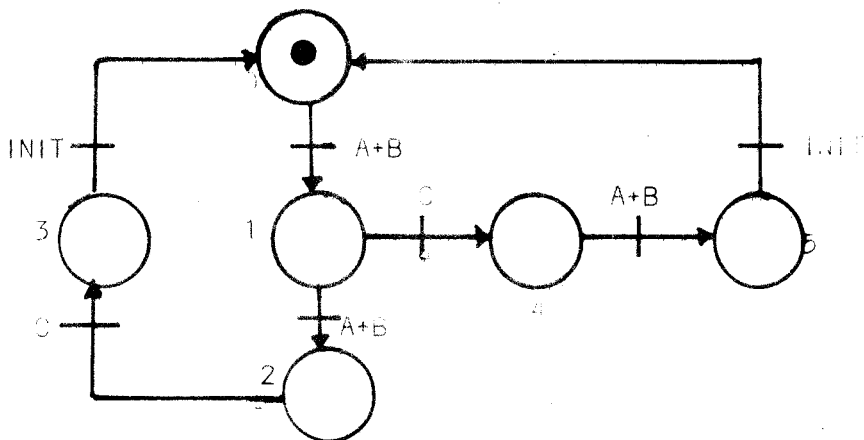


Figure 2.11 b



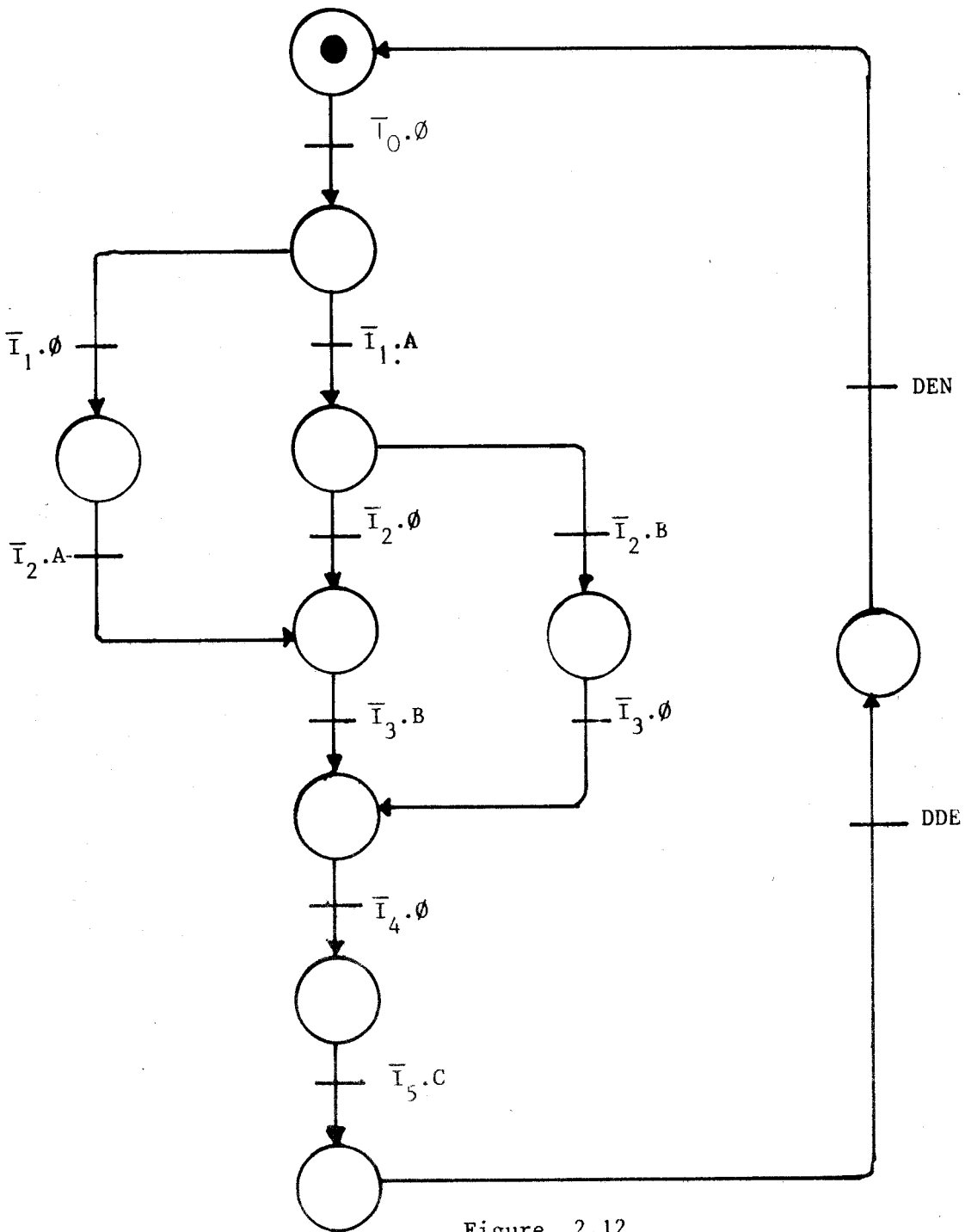


Figure .2.12



Par rapport au modèle \hat{m} défini précédemment, le problème de suivi se ramène à surveiller le déroulement de la séquence d'opérations correspondant à la sous-tâche (4,d) de la figure 2.5 .

Le système de suivi doit, tout d'abord, être capable de distinguer entre l'ensemble de séquence normale $Wg = \{ABC, BAC\}$, et l'ensemble de séquences erronées $Wf = \{ACB, BCA, CBA, CAB\}$, où A, B et C représentent les impulsions de fins des opérations a, b et c respectivement. Comme l'indique la figure 2.11 b, il y a correspondance entre ces ensembles et les états accédés :

$Wg \rightarrow (0, 1, 2, 3)$: séquence d'états favorables

$Wf \rightarrow (0, 1, 4, 5)$: séquence d'états non-favorables

Il faut aussi respecter les durées d'exécution des opérations. Pour cela, nous avons divisé l'intervalle d'ENGAGEMENT d'outil en six sous intervalles comme suit :

$$I_0 = I_{\emptyset} : 0 < t < 5s$$

$$I_1 = I_A : 5 < t < 10 s$$

$$I_2 = I_{A+B} : 10 < t < 15 s$$

$$I_3 = I_B : 15 < t < 20 s$$

$$I_4 = I'_{\emptyset} : 20 < t < 25 s$$

$$I_5 = I_e : 25 < t < 35 s$$

Le réseau de la figure 2.11 b et cette décomposition de l'intervalle de la sous-tâche de transformation des pièces conduit au réseau de suivi de la figure 2.12. Sur cette figure, \bar{I}_i représente la fin de l'intervalle $i^{\text{ème}}$ intervalle, chaque place correspond à une sortie particulière du système de suivi .

Au niveau d'implémentation de ce réseau, notons qu'il y a deux possibilités : logique câblée ou un organe programmable. Dans ce dernier cas, l'organigramme de suivi à la forme indiquée par la figure 2.12.

CONCLUSION

=====

Le problème de la surveillance des machines en fonctionnement dans un atelier de fabrication est un problème de commande assez complexe. Une étude des différents systèmes que rassemble l'atelier au point de vue de changement d'aspect est nécessaire. En effet, surveiller, implique la connaissance d'une évolution ' meilleure ' et prédéterminée du processus à surveiller. L'intérêt pratique de la surveillance est de diminuer l'écart entre la ' trajectoire ' réelle et une trajectoire référentielle pour un point de fonctionnement donné.

En tant que problème de commande, l'approche classique par identification du processus /LEE /, / POV / est indiquée. Cette approche qui a donné des résultats inestimables dans de divers domaines est d'une utilité pratique très réduite dans le cas présent.

Mise à part la complexité du processus que représente un atelier (machine-outils, hommes, environnement, bruité, etc ...) la simulation ou les études en ligne d'un modèle demeure toujours un problème dans le milieu industriel . Toutefois, l'utilisation d'un modèle fondé sur les réseaux de Petri nous a permis de mettre en évidence le caractère informationnel du problème de suivi .au chapitre suivant .

L'étude d'un système d'assistance de fabrication du suivi des machines va aider à l'élaboration d'un cahier des charges de cet interface d'acquisition.

CHAPITRE III

ETUDE DU SYSTEME D'ASSISTANCE DE FABRICATION ' MATRA '

INTRODUCTION

Il ressort des chapitres précédents que la conception d'un système d'assistance de fabrication doit se faire en tenant compte des contraintes physiques liées à la nature même des objets à surveiller.

Ce chapitre a pour objet l'étude d'un système d'assistance de fabrication existant (le système MATRA). Cette étude nous permettra de dégager les spécifications fonctionnelles requises pour un terminal dans réseau multiprocesseur hiérarchisé.

III.1 - L'ASSISTANCE DE FABRICATION MATRA

Une première assistance de fabrication a été développée et réalisée à l'usine sur la chaîne d'usinage d'un moteur particulier (moteur X) par la Compagnie des Egins Matra.

Cette assistance de fabrication s'occupe du fonctionnement de tous les ateliers du département décrit au 1.4.

III.1.1. - Objectifs globaux de l'assistance de fabrication Matra

Les objectifs peuvent être scindé en deux catégories :

- . court terme
- . long terme

III.1.1.1. - Objectifs à court terme (poste de huit heures)

A court terme, " l'assistance de fabrication " doit fournir une image, ou une estimation de l'état réel de la chaîne d'usinage. Cet état pouvant alors être comparé avec l'état moyen désiré et qui résulte du programme des responsables de chaîne.

Cet état réel est essentiellement composé d'informations saisies directement sur la chaîne et peut conduire les responsables d'ateliers à des actions directes sur le fonctionnement de machines.

Ces actions étant décidées uniquement par les critères propres à chaque responsable.

III.1.1.2. - Objectifs à long terme

A long terme, " l'assistance de fabrication " doit servir aux responsables de chaîne à améliorer leurs connaissances relatives à l'ensemble qu'ils commandent et donc à modifier leurs critères de décisions, ce qui doit conduire à améliorer leurs politiques d'exploitation.

EQUIPEMENT LOCAL
DE SAISIE

MACHINE A
POSTE UNIQUE
D'USINAGE

COFFRET
(SU)

MACHINE A
PLUSIEURS POSTES
D'USINAGE

COFFRET
(SM)

SYSTEME D'ACQUISITION ET DE
TRANSMISSION

SYSTEME
D'INTERROGATION

SYSTEME
D'ACQUISITION

SYSTEME
D'ENVOI DE
MESSAGES

Pupitre
téléphonique

Recherche de
personnes

Imprimante "RTC"

Assistance de
fabrication
(3 pûitres)

"VISU."

Figure 3.1

*Synoptique du système
d'Assistance de Fabrication
de Douvrin*

SYSTEME
INFORMATIQUE

T 2000
(28 K De mémoire)

DISQUE
(68 K-Mots)

BANDE
MAGNETIQUE

LECTEUR DE
RUBAN

IMPRIMANTE
"CENTRONICS"

TELEIMPRIMEUR
DE
SUPERVISION

SYSTEME CENTRAL



III.1.1.3. - Caractéristiques relatifs au flux d'information

Le système qui a pour tâche la surveillance de 300 machines possède les caractéristiques suivantes :

- nombre d'évènements quasi-périodiques
(DCY, FCY, ...) \simeq 700.000 par poste de 8 heures
- nombre d'évènements aléatoires
(DSAT, FDES, DAM, ...) \simeq 20.000 par poste de 8 heures

La précision demandée sur la mesure de temps est de 600 mS (1/100 de minute).

III.2 - DESCRIPTION DE L'ASSISTANCE DE FABRICATION " MATRA "
(aspect matériel)

Le système est extensible jusqu'à un ensemble maximum de 300 machines. La figure 3.1 représente le synoptique de l'assistance de fabrication MATRA. Nous pouvons y discerner un niveau central qui comprend l'équipement informatique auquel lui sont reliés trois pupitres destinés à l'assistance de fabrication. Le niveau "local" est directement en regard de chaque machine. La figure met en évidence également l'importance du réseau d'acquisition et d'émission. Nous allons décrire successivement chaque partie.

III.2.1. - L'équipement central

Le système informatique est agencé autour d'un ordinateur T 2000 de la "Télémechanique" (28 K de mémoire centrale). Il comprend en outre une unité de bande magnétique, une unité de disque (de 68 K mots), une imprimante semi-rapide "Centronics" (de 180 caractères par seconde), une télétype et un lecteur de ruban rapide. A cet équipement de base, on inclut en outre trois pupitres identiques " assistance de fabrication " qui comprennent toute la partie active de l'assistance de fabrication.

On y trouve pour chacun : une console de visualisation " Sintra TE.73 " (24 lignes sur 80 colonnes), une imprimante " Radiotechnique " (1 ligne de 20 caractères par seconde), un pupitre téléphonique à 10 directions, un pupitre de recherche de personne à 200 directions.

Enfin, l'ensemble des trois pupitres dispose d'une platine de mise en oeuvre permettant de mettre en service séparément chacun des périphériques et surveillant la climatisation du centre. De plus, un ensemble de 300 boutons poussoirs permettent de redonner l'autorisation de cycle à une machine, alors que le calculateur l'a refusée (essai après dépannage).

III.2.2. - L'équipement local

A l'opposé, au niveau des machines, nous trouvons un simple " coffret " qui assure l'intermédiaire entre le niveau central et l'armoire d'automatisme de la machine. On utilise un coffret par machine.

Les coffrets assurent l'enregistrement de toute l'information qui survient pendant la période de temps entre deux scrutations du calculateur; ils assurent en outre la mise en forme (codage, décodage) de cette information. Il existe actuellement à Douvrin deux types de coffret.

Il s'agit des terminaux à base de logique cablée.

III.3 - LES COFFRETS ' MATRA '

La figure 3.2 représente un coffret à poste multiple. Ce type de coffret est destiné aux machines-transferts et aux machines spéciales.

Le coffret à poste simple se distingue du précédent par l'absence du codage de la station, devenu inutile, et des afficheurs correspondants : par contre, il dispose en plus de deux boutons poussoirs lumineux pour le codage du " risque de désamorçage " (DRDES) et du " désamorçage " (DDES); une seconde pression sur ces boutons annule la première (FRDES, FDES). On obtient de même les codages " changement d'outils " et " appel maîtrise ".

COFFRET A STATION MULTIPLE M A T R A (SM)

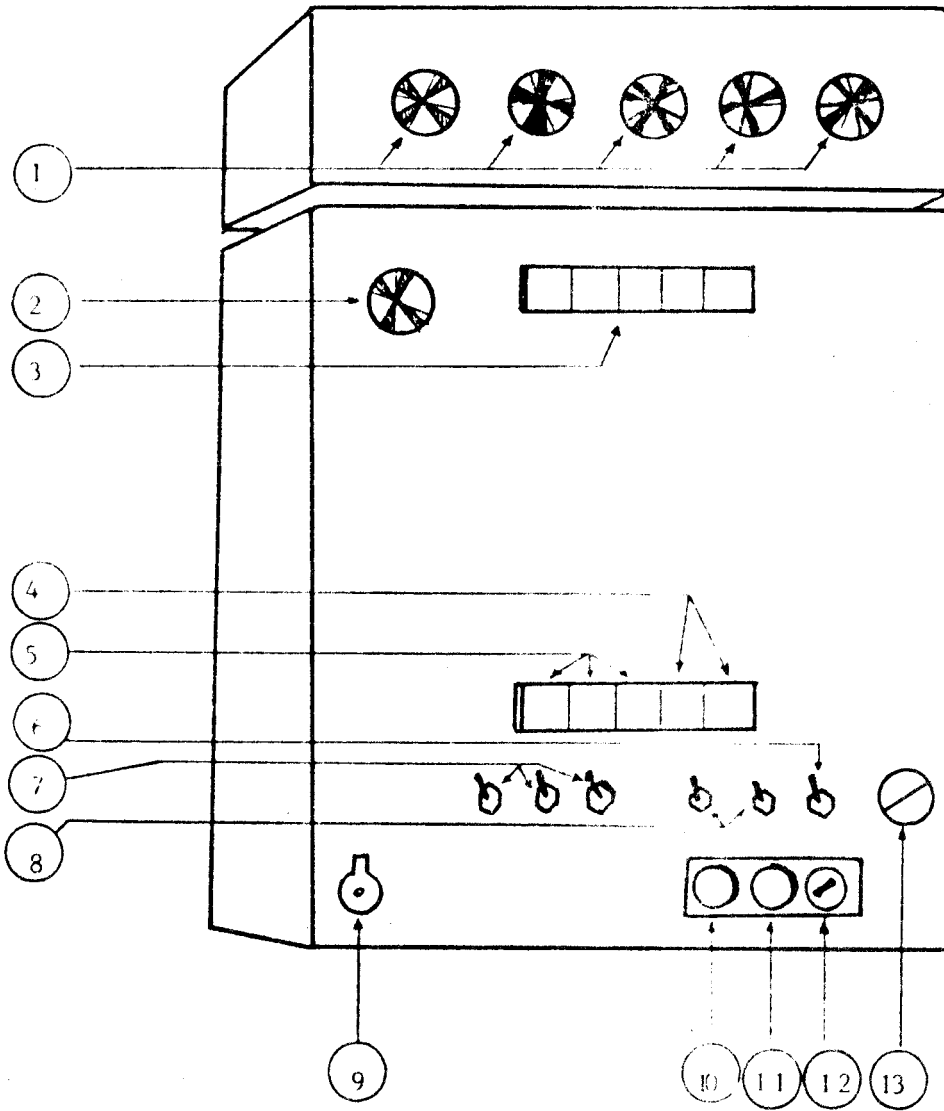


Figure 3.2

- 1 - Voyants des classes d'outils
- 2 - Refus d'autorisation de cycle
- 3 - Compteur des pièces usinées
- 4 - Affichage des codes de pannes et de changement d'outils
- 5 - Affichage des codes de station
- 6 - Validation de code
- 7 - Codage des stations

- 8 - Codage des pannes et de changement d'outils
- 9 - Prise de téléphone
- 10 - Changement d'outil
- 11 - Appel de l'agent de maîtrise
- 12 - Verrouillage pour code pannes
- 13 - Verrou du coffret

Chaque coffret est lié à l'armoire d'automatisme, au calculateur et au pupitre " assistant de fabrication ". Les fonctions de ces liaisons sont données ci-dessous :

III.3.1. - Liaison coffret/armoire d'automatisme

Cette liaison est faite à l'aide de 18 paires de fils de connexion, chaque paire assurant la transmission d'une information particulière.

Vers le coffret, nous trouvons les informations suivantes :

- . mise sous tension de la machine
- . contrôle de cycle
- . fin de cycle
- . début de cycle
- . risque de saturation
- . saturation
- . risque de désamorçage
- . désamorçage
- . comptage

Dans l'autre sens, on trouve :

- . autorisation de cycle
- . les commandes des voyants outils de classe 1 à 5.

Les dernières paires sont réservées pour des tests automatiques des coffrets à partir d'un simulateur de machines-outils. Ce simulateur dont nous allons parler dans le paragraphe suivant, permet d'effectuer les travaux de dépannage et de réglage des coffrets, sans perturber le déroulement normal des machines.

III.3.2. - Liaison coffret/salle de contrôle (A.F)

Les échanges d'informations entre un coffret donné et la salle de traitement de l'assistance de fabrication se font au moyen d'une interface de transmission contrôlée par le calculateur. Cet interface comporte de plus, un système de multiplexage.

Au moyen de cet interface, les 300 coffrets sont scrutés tous les 600 ms, ceci afin de déterminer l'état de chaque poste d'usinage.

III.3.2.1. - Liaison coffret/calculateur -----

Physiquement, cette liaison est réalisée pour trois paires torsadées d'un câble téléphonique suivant un réseau étoilé entre chaque coffret et l'interface de transmission. Ces trois paires sont utilisées pour transmettre, du calculateur vers le coffret, un train d'impulsions d'interrogations périodiques, puis l'envoi en réponse à ce train, du coffret vers le calculateur, d'un message de 35 bits (à une cadence supérieure à 10.000 baud), et enfin pour la transmission d'un message de 15 bits en retour du calculateur vers le coffret.

Ce dernier message se décompose comme suit :

<u>N° du bit</u>	<u>Contenu</u>
1	Toujours à 1 (sécurité du système)
2,3 et 4	Transmission de l'information RAC, remise à zéro du compteur pièces et demande du compteur pièces, respectivement.
5 à 9	Commande des 5 voyants outils (feu fixe : charn.)
10 à 14	Commande des 5 voyants outils (feu clignotant : charnière atteinte entre 80 et 100%)
15	Bit de détection d'erreurs par imparité

En retour, le message du coffret vers le calculateur a la forme :

<u>N° du bit</u>	<u>Contenu</u>
1	Toujours à 1 (début du message)
2	Hors tension/Sous tension
3	Non contrôle/automatique
4	Fin de cycle
5	Début de cycle
6	Désamorçage (DES)
7	Saturation (SAT)
8	Risque de désamorçage (RDES)
9	Risque de saturation (RSAT)
10	Appel Maîtrise (Ap.Maîtr.)
11	Changement d'outils (CO)
12	Codage
13	Lecture pièces
14	Acquittement du message-commande de 15 bits de la période précédente
15 à 34	20 bits réservés aux codages ou la valeur du compteur pièces (5 chiffres décimaux codés chacun sur 4 bits, soit : $4 \times 5 = 20$ bits
35	Bit d'imparité
36 et 37	2 bits supplémentaires de fin de message

III.3.3. - Liaison téléphonique

La liaison entre le coffret et la salle de contrôle est complétée par deux paires de cables téléphoniques dont les fonctions sont :

- . une liaison téléphonique entre le coffret et la salle de contrôle
- . voie de rétablissement d'une autorisation de cycle interdite auparavant par le calculateur à la suite d'une intervention sur la machine correspondante.

III.3.4. - Mode de transmission entre coffret et ordinateur

Le système d'envoi de message d'interrogation qui génère sa propre horloge, est simplement lancé par le ordinateur. Toutes les 600 ms, un train de 38 impulsions, de période 96 μ s est alors généré; la première de ces impulsions est le signal de remise à zéro du registre à décalage de 35 bits (7 x SN7496), et le chargement des impulsions en parallèle fournies par l'armoire et le coffret.

Les 35 bits qui suivent, servent à sortir en série les 35 bits d'information du registre. Enfin, les deux dernières impulsions réalisent deux décalages supplémentaires, nécessaires pour le test de la voie de transmission et de l'alimentation du coffret par le ordinateur.

Le système de multiplexage est piloté par le système d'interrogation, et fonctionne donc de façon parfaitement synchrone avec celui-ci, et en conséquence, avec les messages fournis par les coffrets aux interrogations qu'ils reçoivent.

Ce système de multiplexage transmet les informations en provenance des coffrets au ordinateur, à une vitesse de 166 000 mots de 19 bits seconde, par l'intermédiaire d'une entrée canal. Le système utilisé permet des liaisons de plusieurs kilomètres entre ordinateur et coffrets de saisie.

La transmission se fait évidemment en série, le coffret disposant d'un sérialisateur (registre à décalage déjà cité).

Elle se fait à 10 416 bauds, les circuits pouvant assurer une cadence atteignant 33 000 bauds environ. Quel que soit le sens, les émissions se font en double courant.

La réception à chaque extrémité est réalisée par un système particulier à base de coupleur opto-électronique qui assure un isolement galvanique de l'ordre de 1500 volts. Par ailleurs, ce système particulier utilisé présente une très haute immunité aux parasites, qu'ils soient de mode commun ou différentiel.

III.4 - COFFRET/OPERATEUR

III.4.1. - Exemple de dialogue

La description des coffrets au début de cette section fait apparaître leur rôle d'interface de dialogue.

Pour compléter cette description nous donnons ici un exemple de dialogue que peut avoir l'opérateur d'un poste de machine-outil avec le niveau central. Ce dialogue permet à l'opérateur d'effectuer un changement d'outil au moyen des divers éléments disposés sur le coffret (cf. figure 3.5).

Pour le poste considéré, les 5 classes d'outil et leurs charnières sont données comme suit :

<u>N° de classe</u>	<u>Charnière Max.</u>
1	500
2	1000
3	1500
4	2000
5	2500

Lorsque 80% d'une charnière est atteinte, le calculateur envoie un signal provoquant la mise à 1 d'un bit (ex: bit 14 pour la classe 5), le voyant correspondant en (1) clignote pour avertir l'opérateur.

A 100% de charnière atteinte, c'est le bit 9 qui passe à 1, simultanément le feu clignotant devient fixe et le voyant de refus d'autorisation de cycle (RAC) s'allume pour faire part à l'opérateur l'application par le calculateur de cette décision à la machine incriminée.

Après avoir appuyé sur le bouton (10), l'opérateur change l'outil défectueux et code la classe (0101) . Il effectue la validation de la fin de cette tâche en appuyant sur (6).

Le calculateur réétablit l'autorisation de cycle; le voyant (2) s'éteint.

III.5 - ETUDE TECHNIQUE DU LOGICIEL - EXPLOITATION DU SYSTEME MATRA

III.5.1. - Moyens annexes mis à la disposition des utilisateurs de l'assistance de fabrication

Un certain nombre de moyens ont été développés pour permettre la mise au point du système. Ces moyens restent à la disposition de l'utilisateur et peuvent servir comme outil de maintenance.

III.5.1.1. - Test automatique par le calculateur des coffrets machines

Il s'agit d'un programme qui permet, à condition de connecter le coffret à un boîtier spécial, au lieu et place de la machine, de dérouler un test automatique du coffret.

En cas d'erreur sur un test, une édition donnant le numéro du test et l'indication de l'erreur permet de situer le défaut. Ce test automatique peut ou non être enchaîné avec un test dit "manuel". Celui-ci dont le déroulement est piloté par l'ordinateur qui indique les opérations à effectuer, correspond à la vérification du fonctionnement des boutons poussoirs du coffret machine.

En fin de test, un message est édité, indiquant le numéro du coffret, le numéro de l'entrée multiplexeur utilisé, le résultat des tests.

III.5.2. - Simulateur de calculateur

Cet appareil développé dans un coffret permet de tester entièrement un coffret machine, soit en usine, soit sur le site. Il fonctionne à la même cadence d'interrogation que le calculateur, est capable d'envoyer des messages composés par des clés, de la même manière que le calculateur, et permet de visualiser les messages émis par le coffret. Il permet aussi de remplacer par des clés les informations fournies par la machine.

Cet appareil a permis la mise au point des prototypes des coffrets, bien avant que l'interface d'entrée sortie calculateur ne soit réalisée; les coffrets ont ainsi pu être prêts à être testés en automatique au moment où l'interface a été terminé.

L'appareil est à présent un outil indispensable de dépannage ou de vérification.

Citons encore d'autres programmes annexes : le " test automatique des informations fournies par une machine ", et enfin la " simulation de fonctionnement de 19 machines pendant 45 mn ".

III.6.1. - Etude technique du logiciel

Exploitation du système MATRA

L'ensemble du logiciel, chargé de réaliser la gestion de l'assistance de fabrication au niveau du calculateur, a été regroupé sous le pseudonyme de " SALOMON ".

" SALOMON " prend en charge deux types distincts de travaux : ceux réalisés hors temps réel, et ceux réalisés en temps réel.

III.6.1.1. - Les différentes phases d'exploitation (hors temps réel)

Le calculateur étant supposé n'avoir aucun programme en mémoire centrale, l'ensemble se décompose en cinq phases.

III.6.1.1.1. - Phase d'initialisation

Cette phase a pour mission de préparer la mémoire centrale en vue d'effectuer l'assistance de fabrication.

Cette phase agit sur les programmes et les données, et met en action le système " SALOMON ".

III.6.1.1.2. - Phase de lancement

Prise en compte de l'initialisation des programmes sur disque et en mémoire centrale.

III.6.1.1.3. - Phase de chargement

Cette phase a pour vocation de permettre l'introduction, le contrôle ou la modification des paramètres décrivant les machines surveillées (en particulier pour tenir compte des tournées précédentes, des changements d'outils ...).

III.6.1.1.4. - Phase de préparation

Elle assure l'ensemble des travaux indispensables à une assistance de fabrication efficace; elle agit au niveau des coffrets (remise à zéro des compteurs pièces), et au niveau des programmes (recalage des compteurs d'usure des outils en tenant compte d'un fonctionnement entre deux tournées; si on trouve un dépassement de charnière, on considère que le changement d'outil a été effectif à la charnière; cela donne lieu à une édition).

Cette phase permet un contrôle rudimentaire des coffrets (coupure de ligne, mauvaise lecture des compteurs de pièces, mauvaise remise à zéro du compteur de pièces).

III.6.1.1.5. - Phase d'exécution

C'est la phase pendant laquelle le système est en action pour l'exécution des tâches " temps réel).

III.6.2. - Les tâches " temps réel "

Tous les programmes réalisés ont une structure modulaire. Chaque module étant indépendant, il peut donc servir à l'exécution de plusieurs tâches. L'enchaînement de ces tâches s'effectue par un système d'interruption prioritaire dont la gestion a été confiée au moniteur " Télémécanique " : RTDMS.

III.6.2.1. - La tâche édition

La tâche édition a pour rôle de répondre aux différentes demandes d'édition émanant des services internes. Elle est "bouclée" en ce sens qu'elle continue à traiter des messages tant qu'elle n'a pas été interrompue par une tâche plus prioritaire.

Les messages, en effet, ne donnent pas lieu à une action immédiate : ils sont stockés dans une file d'attente en mémoire.

Un module (" FILOU "), lui-même activé par un module d'aiguillage (" VENTIL ") situé en aval, extrait le message en tête de la file d'attente, libérant ainsi une place équivalente; dès ce moment, une tâche plus prioritaire, arrêtée par une saturation de la file, pourrait redémarrer. Dans le cas contraire, le module " VENTIL " est remis en éveil : il assure alors la recherche des informations à transmettre, élabore le message, calcule l'adresse de sortie et appelle le module " MONESER " qui gère toutes les entrées/sorties (" VENTIL " a cinq directions pour servir les fonctions : archivage, journal de bord, pilotage, supervision et commande-coffret). " FILOU " et " VENTIL " qui s'enchaînent l'un l'autre, sont interruptibles à tout moment.

III.6.2.2. - La tâche de dialogue

Le dialogue avec le calculateur peut s'effectuer soit à partir du tél'imprimeur (supervision : il s'agit en général d'ordres influants sur le fonctionnement ou l'organisation du système), soit à partir de l'un des trois écrans de visualisation ou " VISUS " (fonction pilotage : en général des demandes de renseignements sur le système).

Le dialogue est toujours précédé d'une action sur le bouton " appel ". Il s'effectue alors soit un couplet appel-réponse, soit un ordre. Un autre échange ne peut s'effectuer qu'après la réponse ou le décodage de l'ordre (il y a une inhibition des appels sur le périphérique durant le décodage).

La tâche de dialogue est sous-divisée en six sous-tâches qui sont par ordre de priorité décroissante (cas d'appels simultanés) : " RA 1 " (réception des appels ou des caractères du tél'imprimeur), " RA 2, 3 ou 4 " (mêmes sous-tâches pour les " VISUS " 1, 2 ou 3), " DI " (décodage des impulsions, " TI " (traitement des informations).

III.6.2.3. - La tâche " Alarme-VISUS "

Cette tâche gère les écrans de visualisation des pupitres pour tout ce qui concerne les alarmes, c'est-à-dire les 12 lignes (moitié supérieure de l'écran) au sommet de l'écran (structure figée par câblage). La tâche est mise en éveil toutes les 20 s par impulsion d'horloge, et entraîne un rafraîchissement cyclique de l'information d'une " VISUS ".

Si l'impulsion d'horloge survient pendant un dialogue opérateur/calculateur, elle est ignorée, et le rafraîchissement n'a lieu qu'à la minute suivante ; par contre, il y a inhibition des appels opérateurs pendant un rafraîchissement.

Cette tâche sépare distinctement en deux zones les incidents (alarme 0), des " risques " (alarmes 1). Les alarmes sont mentionnées uniquement par le numéro de la machine en cause par trois caractères ; les machines de tête et autres machines prioritaires sont précédées du signe " x " ; chaque numéro est séparé des autres par au moins deux espaces (zone fixe de six caractères pour chaque numéro).

Il y a au maximum 13 numéros par ligne, de sorte que si l'opérateur n'a pu acquitter (13 fois de suite) ses alarmes, la ligne étant saturée, les nouveaux arrivants sont mis en attente jusqu'à ce que la place soit libérée.

Lorsqu'un numéro est acquitté (pris en compte par l'opérateur, il est remonté sur l'une des trois lignes supérieures de sa zone jusqu'à ce que l'alarme disparaisse effectivement.

III.6.2.4. - La tâche "TMPC" ou tâche périodique

C'est la tâche la plus prioritaire. Elle est mise en éveil toutes les 600 ms (par impulsion d'horloge). Cette tâche regroupe tout ce qui concerne la saisie et le traitement des données. Les opérations réalisées sont les suivantes :

- . Contrôle de la validité des informations; il est réalisé une détection des pannes multiplexeur, coupure de ligne, contrôle de parité, le cadrage des messages (début et fin); tous les défauts donnent lieu à une édition.
- . Détection de la mise hors tension d'une machine (avec une édition sur le journal de bord); toutefois, si le coffret reste sous tension, ses messages (codages divers) sont pris en compte.
- . Contrôle de cycle une édition est inscrite sur le journal de bord dans le cas d'un cycle long (CYL) ou doublé (CYD).
- . Début et fin de cycle (DCY et FCY)

l'arrivée d'un message résultant d'une impulsion FCY déclenche, si un message FCY suit normalement, la prise en compte d'un cycle pour la machine et pour chaque classe d'outils. Pour supprimer la fonction " gestion des outils ", il faut rendre nulle la charnière de la (ou des) classes(s) correspondante(s). La gestion des cycles se fait par scrutations périodiques; elle est supprimée si la machine est en mode manuel, si on affecte une valeur nulle au temps de cycle normal (TCY) ou enfin, si la machine est en arrêt reconnu par

le système. Les messages DCY ou FCY aberrants (plusieurs DCY ou FCY consécutifs) sont signalée par le téléimprimeur.

- . Alarmes préventives ou risques (alarmes 1): résultant de l'action
===== sur un bouton du coffret (par un opérateur)
ils donnent lieu, comme on a vu, à une édition sur
l'écran (tâche alarme "VISUS") et aussi sur
le journal de bord.

- . Arrêt machine ou incidents (alarmes 0) : résultant d'une saisie soit
===== automatique (DSAT,Charn,...), soit manuelle (DDES,DCO,...),
ils donnent, de même, lieu à une édition (écran et
journal de bord).

Ces deux dernières tâches sont prépondérantes dans ce système: une partie du traitement leur est commune, à l'exception de deux cas particuliers :

En cas de changement d'outils, le traitement doit assurer l'arrêt de la machine (RAC) quand la charnière est atteinte (Charn.), ainsi que la saisie de l'information " appui sur la touche CO " (qui s'allume, correspondant à l'information " DCO "), le codage (et sa validation) de la classe changée et enfin " appui sur la touche CO " (qui s'éteint) correspondant ainsi à l'information " FCO ".

De la même manière, en ce qui concerne les pannes, il faut saisir les informations " appui sur la touche AM (DAM), " codage-validation de la panne " et enfin " appui sur la touche AM (FAM).

Tous les codages (à l'exception du codage d'une classe d'outils changée) se font quand les clés du coffret sont déverrouillées.

Quand les boutons AM et CO sont éteints, les seuls codages valides sont "91" (information "MP") et "92" (information "DIS").

Toute validation sans codage (i.e : code 00) est ignorée.

Le codage et la validation d'un changement d'outils, s'ils sont corrects, entraînent la réautorisation de cycle (FRAC) et l'extinction du voyant RAC, un ordre d'archivage de la classe changée, la remise à zéro du compteur d'usure correspondant et l'édition sur le journal de bord.

De même, le codage et la validation d'une panne entraînent un archivage, une édition sur le journal de bord et la réautorisation de cycle lorsqu'on éteint à nouveau le bouton poussoir "AM".

Le codage et la validation des affectations de temps (DMP ou DDIS) entraînent un archivage et une édition sur le journal de bord.

Actuellement, l'assistance de fabrication surveille 284 machines, c'est-à-dire que chaque scrutation détecte 284 messages de 37 bits : ces messages sont rangés alternativement à chaque période dans un des deux tableaux A et B. Chacun de ces deux tableaux est composé de 37 blocs, recevant chacun un des bits du message en un endroit bien précis, caractéristique du coffret qui l'a émis ; chacun des blocs est en effet composé de 16 lignes de 19 bits (+ 1 ligne pour l'heure), soit $19 \times 16 = 284$ bits, soit donc 1 site par coffret.

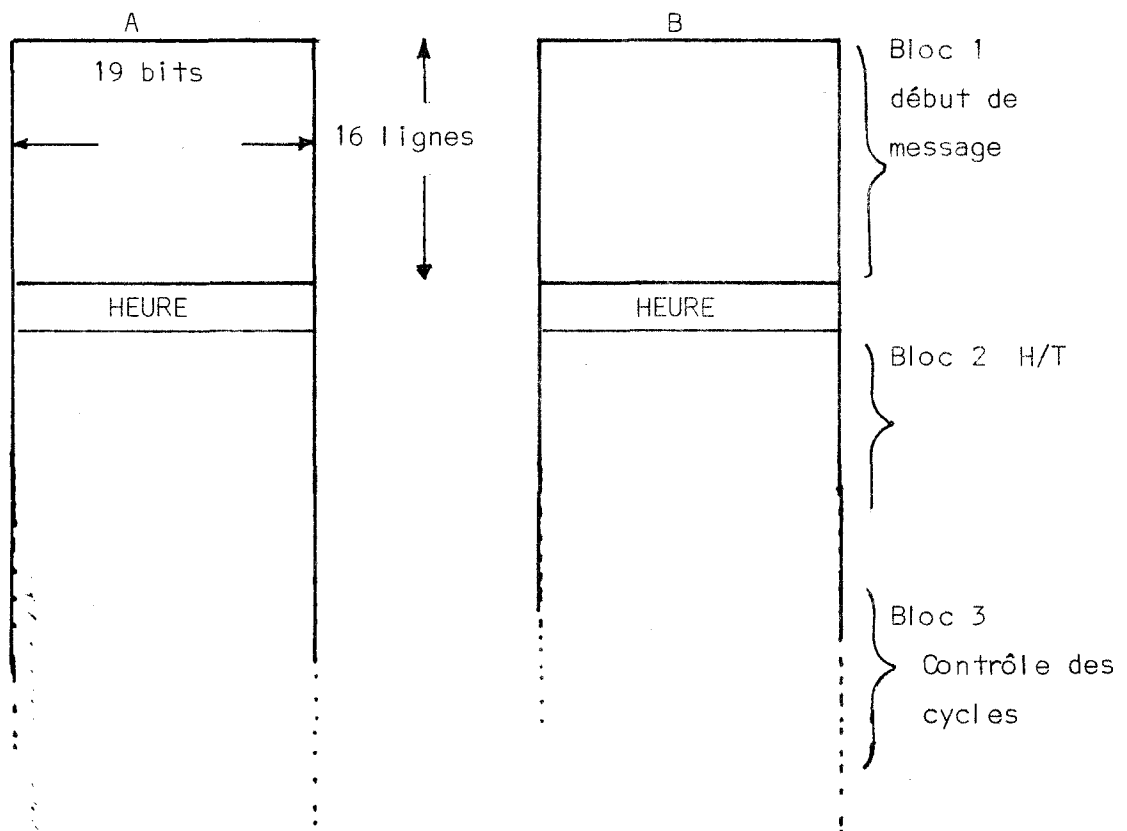


Figure 3.3

Chaque bloc est comparé (par disjonction) avec son homologue de l'autre tableau (qui a sauvegardé l'état antérieur), un résultat a "1" est alors caractéristique d'un changement d'état. On recherche dans la table des états permanents quel était l'état antérieur du coffret concerné, on inverse l'état puisqu'il y a eu changement, et suivant le cas, on effectue le traitement résultant de cette nouvelle situation.

III.6.2.5. - La tâche d'archivage MOAR

Cette tâche sert à mettre en forme les messages à "archiver" sur une bande magnétique; ces messages découlent du traitement " TMPC ". Elle est mise en éveil chaque fois qu'une demande " de mise en archive " est décodée par le module " VENTIL " (cf. la tâche édition).

Les messages donnant lieu à édition sur bande magnétique sont classés suivant neuf types donnant ainsi lieu à neuf en têtes différentes : en particulier, nous trouvons des messages de : supervision, pilotage, journal de bord, codage, DESAT en archive (ce type est effectué une fois dans la journée en " temps arrêté "; il s'agit d'un archivage destiné au centre de traitement de l'information " CTI " qui communique le descriptif atelier à raison d'un message par coffret en service, et que l'on complète d'informations complémentaires issues du disque), fin de tournée (ce type est effectué en " temps arrêté ", à la fin d'une tournée, on enregistre tous les compteurs de pièces, et le décompte des temps : marche, arrêts, temps de pannes ..., à raison d'un message par coffret), début de tournée se fait en " temps arrêté ", enregistrement du numéro et de la date précise d'une tournée).

Les messages ne sont par archivés immédiatement dès leur arrivée, mais passent par l'intermédiaire d'un " pool Buffer " de 160 mots. Le " T 2000 " travaillant sur 19 bits, chaque mot est remis en forme sur quatre octets, de façon à pouvoir être traité directement par le " CTI " ainsi, les 160 mots de 16 bits du " pool Buffer " ne correspondent en réalité qu'à 80 mots utiles pour le " T 2000 ".

III.6.3. - Techniques de secours (reconfiguration - marche dégradée)

Pour être complet, enfin, tout système de ce type sur lequel repose en fait un grand nombre d'opérations indispensables à la bonne marche de l'atelier, doit obligatoirement comporter des possibilités de secours en cas de défaillance du matériel. Ces défaillances, suivant leur gravité, peuvent être classées en deux groupes que l'on classe suivant le traitement réalisé.

III.6.3.1. - Reconfiguration

Cette défaillance concerne tous les " périphériques " au sens large, autre que l'unité disque; il s'agit d'une console de visualisation, de l'imprimante RTC (qui édite le journal de bord), du téléimprimeur (supervision), de l'unité de bande magnétique (fonction archivage) ou même d'un coffret .

Sauf en ce qui concerne la défaillance de l'unité de bande magnétique (où l'archivage est supprimé) et le coffret (suppression de la surveillance du coffret), la reconfiguration permet la reprise de toutes les fonctions perturbées.

La reconfiguration est, soit manuelle (affectation particulière des fonctions assurées par l'unité défaillante vers une autre unité, soit automatique (affectation automatique suivant un descriptif prévu des périphériques quand survient une mise hors service automatique d'un périphérique). Les reconfigurations manuelles se font, soit depuis le téléimprimeur, soit si celui-ci est perturbé, depuis n'importe quel périphérique.

III.6.3.2. - Marche dégradée

Dans le cas plus grave où c'est l'unité disque elle-même qui est défaillante, le fonctionnement du centre est maintenu en " marche dégradée ".

Ceci a cependant pour effet de supprimer la fonction de pilotage et l'archivage. La marche dégradée ne peut être réalisée que pendant une campagne et non pendant une première tournée. L'exploitation de la phase de chargement est impossible.

III.7 - ANALYSE CRITIQUE DU SYSTEME MATRA

III.7.1. - Etude critique sur l'exploitation du système existant

D'après la présentation qui vient d'être faite de l'assistance de fabrication, il est possible de représenter le système réalisé sous la forme d'un schéma fonctionnel. (figure 3.4)

C'est essentiellement un système à structure centralisée, très dépendant de la technologie employée; ce qui oblige l'utilisateur à s'assujettir aux contraintes imposées par celle-ci.

De plus il faut remarquer que si, au niveau du système informatique une certaine quantité d'information est élaborée, il faut encore que l'utilisateur potentiel de cette information prenne la décision de la demander à l'assistant de fabrication par téléphone.

Au niveau de la technique, il convient de remarquer qu'après une période de mise en place et de mise au point, le taux des pannes actuel se stabilise à un niveau très acceptable pour les utilisateurs. D'autre part le système remplit très bien une de ses tâches principales : l'acquisition en temps réel des informations de base fournies par l'ensemble des machines. Cependant, le traitement de cette information ne recouvre qu'imparfaitement l'ensemble des besoins pouvant être exprimés par les utilisateurs à chaque niveau de la hiérarchie. Ceci à une conséquence importante sur le degré de confiance des utilisateurs de l'A.F.

En effet, d'après les premiers résultats d'une " enquête " effectuée auprès des utilisateurs, il apparaît les faits suivants :

a) si le système réalise automatiquement et entièrement une fonction associée à un besoin particulier alors les informations fournies par l'A.F. sont régulièrement utilisées.

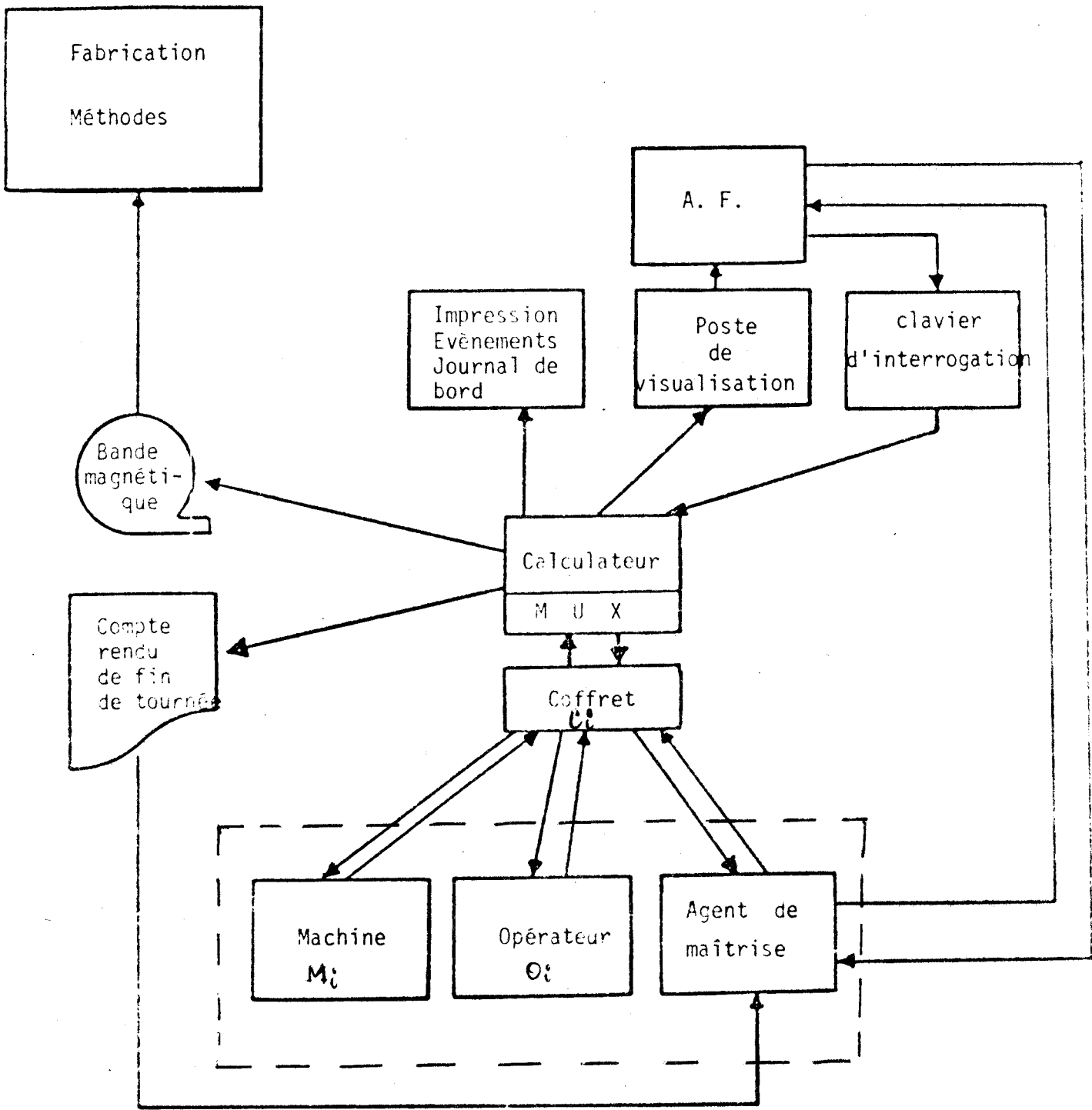


Figure 3.4 : Assistance de Fabrication (système existant)

b) au contraire, lorsqu'une fonction du système ne satisfait que partiellement un besoin, les informations fournies par l'A.F. ne sont pas ou très peu utilisées, voire même mise en doute.

Deux exemples précis peuvent être cités à ce propos :

III.7.1.1. - Fonction " évolution du temps de cycle "

Cette fonction est bien remplie car elle est aisément réalisée à partir de la saisie automatique en " temps réel " de deux informations machines : début et fin de cycle.

Celle-ci satisfait entièrement des besoins, qui ne pouvaient l'être auparavant, des chefs d'équipes et du contre-maître ou chef d'atelier (machine dérégulée " temps de cycle trop long ", temps productifs et improductifs).

III.7.1.2. - Fonction " gestion des outils "

La réalisation de cette fonction par le système est obtenue à partir des informations suivantes :

- . pour chaque classe d'outil on utilise la valeur de charnière fournie par le service des Méthodes.
- . la valeur du compteur de pièces usinées des coffrets.

La réalisation de cette fonction est donc simple, cependant les opérateurs interrogés accordent peu d'importance à cette information dans leur tâche de gestion des outils. Ceci résulte de deux causes principales :

- a) à la suite de quelques erreurs constatées sur les valeurs des compteurs de pièces l'opérateur est amené à mettre en doute les chiffres.

b) un opérateur prend en compte d'autres informations pour gérer les outils dont il a la charge. En particulier l'usure d'un outil est non seulement fonction du nombre de pièces usinées mais dépend également de la qualité initiale de l'affutage de cet outil.

De plus dans la réalisation actuelle du système, l'opérateur doit utiliser le téléphone pour connaître la position de ses outils par rapport à leur charnière.

D'autre part certaines fonctions réalisées au niveau des coffrets semblent être ressenties comme des contraintes par les opérateurs. En particulier ceux-ci peuvent désirer entrer en contact avec la maîtrise en dehors des cas de pannes machines.

La seule possibilité pour cela est d'utiliser le bouton " Appel maîtrise " du coffret, ce qui a pour effet de générer une commande de refus d'autorisation de cycle.

Enfin il convient de signaler qu'en cas de panne du système (ordinateur ou périphériques autres que les coffrets) toutes les informations relatives à l'évaluation des temps sont perdues.

En conclusion il apparaît que les informations collectées en temps réel par le système (informations machines et les informations introduites par les opérateurs, chefs d'équipe, etc ...) donnent lieu à des traitements limités qui conduisent à ne réaliser qu'un sous-ensemble des fonctions associées à la totalité des besoins des utilisateurs. De plus, compte tenu de la technologie employée au niveau des coffrets et du logiciel au niveau ordinateur central, le système actuel est figé.

III.7.1.3- Voies de progrès

D'après ce qui vient d'être dit les voies de progrès doivent d'abord reconsidérer l'analyse fonctionnelle de l'assistance de fabrication, au sein même de l'entreprise, de manière à mieux recenser la totalité des besoins existants.

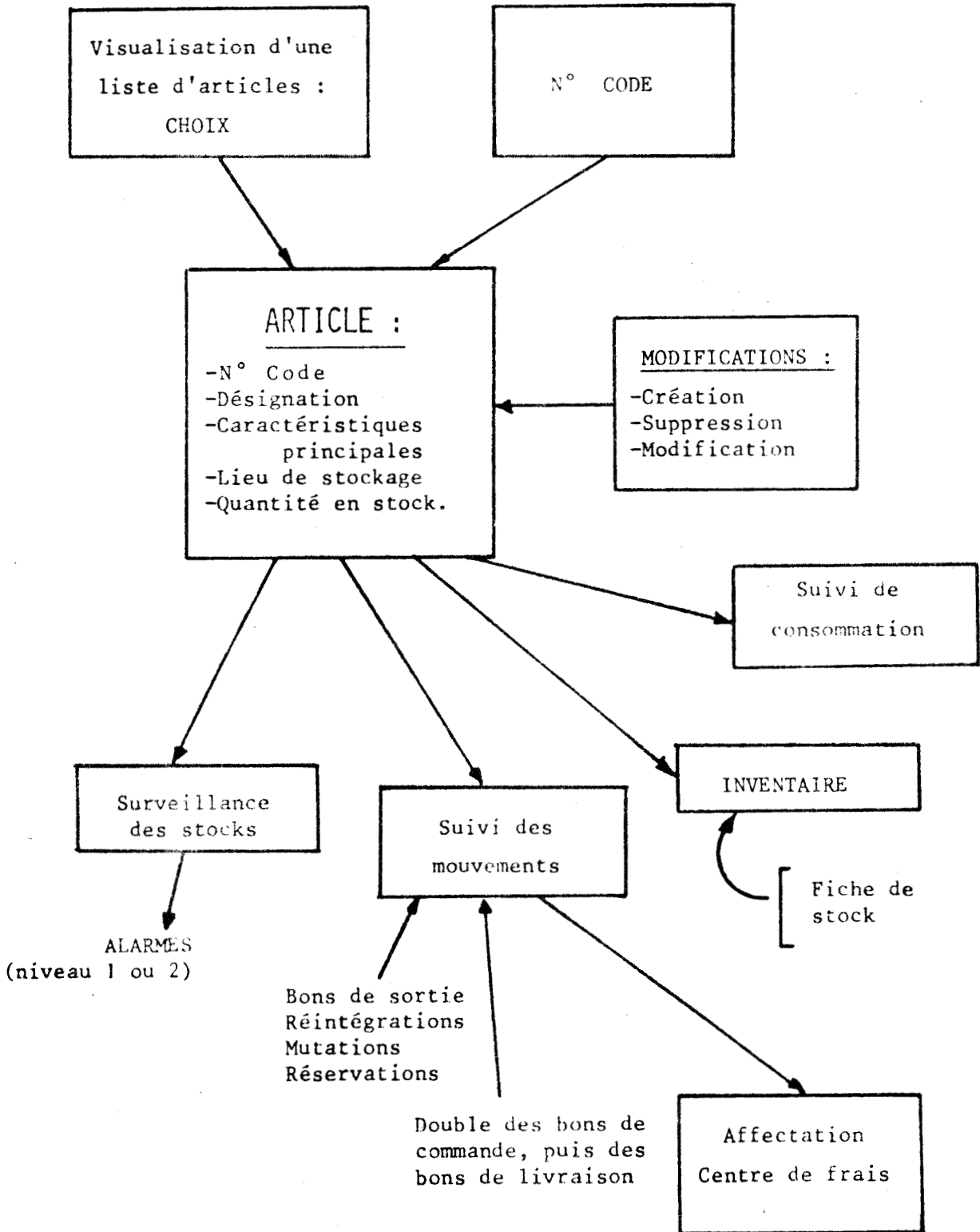


Figure 3.5 *Synoptique des opérations concernant la vie d'un article du magasin*

Cette approche tend à privilégier les utilisateurs et suppose que la technologie soit suffisamment adaptable pour prendre en compte leurs exigences.

Cependant une première difficulté apparaît : il est pratiquement impossible de recenser et de figer à l'avance la totalité des besoins. En effet l'assistance de fabrication, du fait même de son existence, concerne non seulement l'atelier d'usinage, mais aussi des services d'entretien, le magasin général, la gestion de production, le service de méthodes etc ...

Cette difficulté est concrétisée par les deux problèmes suivants :

- a) Peut-on, ou comment faut-il déterminer les frontières du système étudié.
- b) Peut-on déterminer, à l'intérieur de ces frontières, la totalité des besoins. C'est-à-dire peut-on désigner et décrire puis localiser dans l'espace et dans le temps chaque besoin.

Compte-tenu de la technologie actuelle, l'informatique répartie semble devoir être le support matériel de cette approche : la nature des besoins à chaque niveau détermine les fonctions à remplir et conditionne la structure finale du système.

III.7.1.4. - Frontières du système étudié

Les travaux entrepris à la Française de Mécanique visent à inclure dans l'assistance de fabrication le service d'entretien et le magasin d'outillage (figure 3.6), dans le but d'améliorer la gestion des outils à l'intérieur de l'usine.

Gestion interne

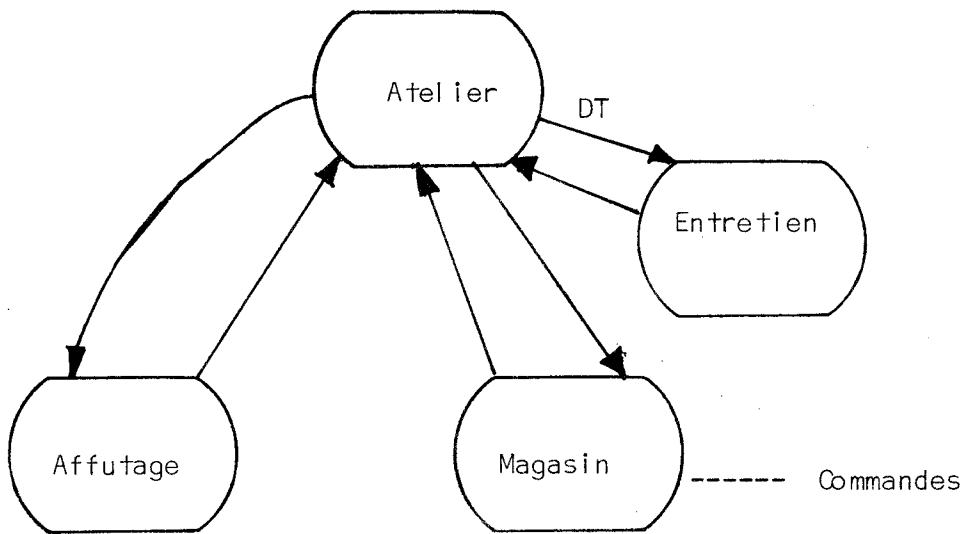


Figure 3.6

III.7.1.4. - Saisie automatique des demandes de travaux

Utilisées principalement lors d'une panne d'une machine, pour quérir l'intervention du service d'entretien (D.E.M.O.), les demandes de travaux (ou D.T.) représentent une tâche administrative jugée assez lourde par les chefs d'équipe.

(Actuellement 100 D.T. sont créées en moyenne par jour à la F.M.)

La saisie automatique des demandes de travaux réalisés grâce à de petits terminaux conversationnels installés dans l'atelier tout en simplifiant le travail administratif des chefs d'équipe tend à éviter les nombreuses erreurs qui apparaissent lors de l'établissement des imprimés relatifs à ces interventions.

Objectifs

- Allègement du travail administratif par l'émission automatique commandée à partir des " coffrets " A.F. des demandes de travaux au D.E.M.O.

- Eviter les erreurs de codage sur les demandes de travaux
- Meilleure utilisation de l'A.F. par des informations fiables sur les arrêts machines.
- Possibilité de gérer les demandes de travaux sur les machines d'usinage n'ayant pas de coffret en utilisant les coffrets des autres machines
- Permettre un pointage plus aisé des travaux effectués
- Connaître à tout moment l'affectation et la disponibilité du personnel entretien.

III.7.1.5. - Gestion automatique du magasin d'outillage

Actuellement le magasin d'usinage du département X (moteur de la 104) gère près de 10 000 articles qui représentent plusieurs milliers de francs en valeur.

L'objectif principal des responsables de ce magasin serait de réduire au minimum la valeur des stocks tout en proposant aux utilisateurs la même, sinon une meilleure qualité de service.

Le personnel du magasin dispose d'un système de suivi des articles basé sur la documentation et le classement d'imprimés de toutes natures (fiches de stock, demande d'approvisionnement, fiche de création d'articles, etc ...)

La solution est bonne et semble donner satisfaction à des nombreux utilisateurs. Néanmoins ce système demande un très gros travail d'attention de surveillance des stocks et suppose une mise à jour scrupuleuse des fiches de stock. Le moindre oubli lors de la sortie d'un article peut être catastrophique.

Un système de gestion automatique devrait libérer les magasiniers de ces tâches de routine et permettre en outre :

- . d'avoir un suivi permanent des stocks et de déclencher une procédure de réapprovisionnement lors de l'attente du stock minimum.

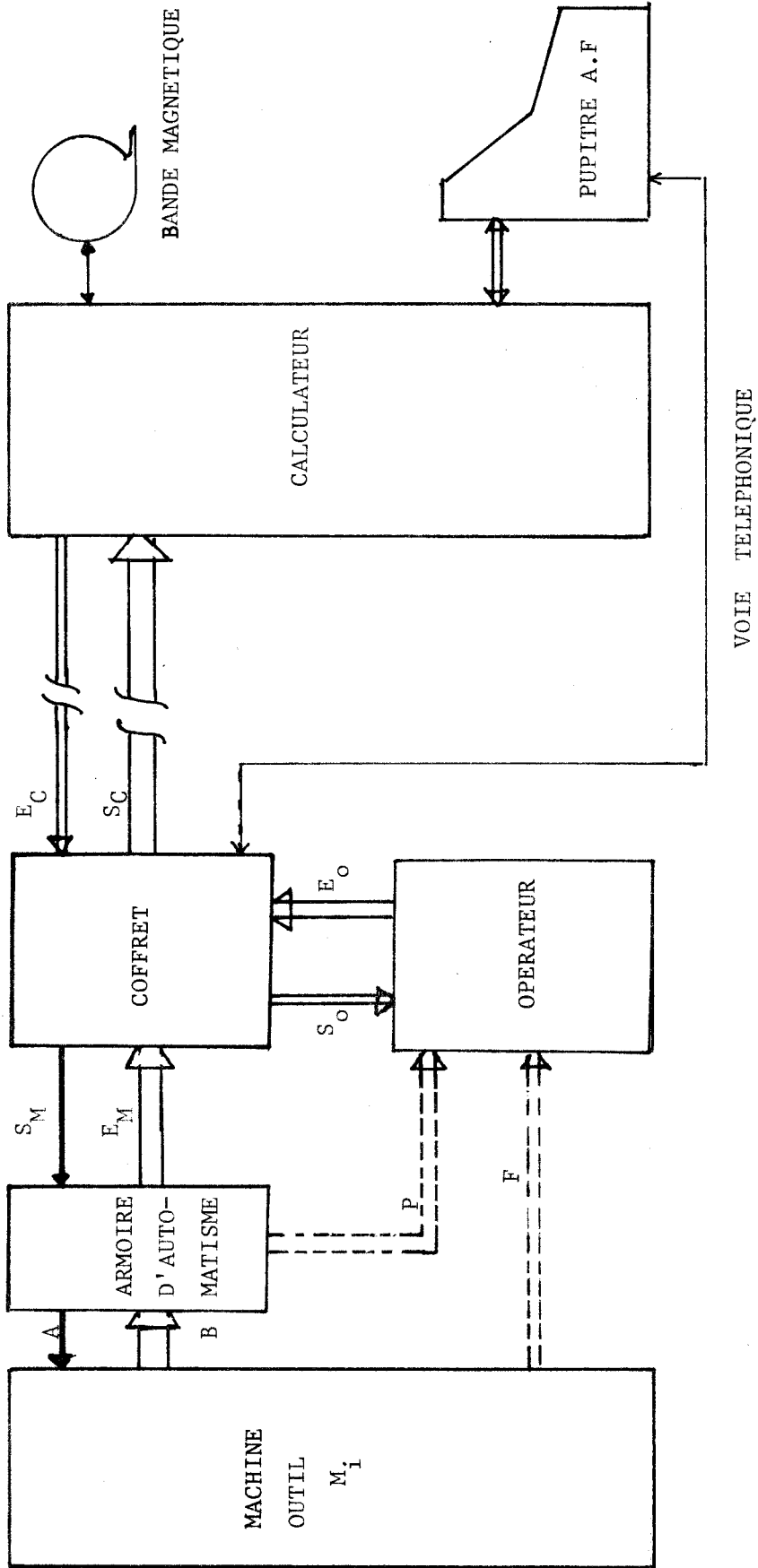


Figure 3.7



- . de donner rapidement toutes les informations relatives à la vie de l'article sans être obligé de consulter de volumineuses archives (date dernière commande - délais prévus, etc ...)
- . d'aider au maximum le magasinier lors de la recherche de l'article (emplacement de l'article dans le magasin).

La solution retenue devrait avoir les qualités suivantes :

- très grande souplesse d'utilisation
- garantir une sécurité d'archivage quasi absolu
- prévoir les procédures de secours
- temps de réponse compatible avec les spécifications des tâches en temps-réel
- grande facilité d'utilisation.

Pour répondre à ces impératifs, plusieurs projets ont été entrepris. Deux de ces projets dont les divers aspects sont détaillés par ont été menés par la société MATRA et ont abouti à une réalisation sur le site de Douvrin.

Dans tous les cas, les projets ont pour but la réalisation d'un système décentralisé comportant un certain nombre de terminaux et d'interfaces adaptés.

CONCLUSION

Rappelons que le système que nous venons d'étudier est essentiellement un système centralisé comportant un grand nombre de terminaux (coffret). Il est important d'observer que chaque coffret est spécialement câblé pour une classe donnée de machines-outils. La figure 3.4 qui est un schéma général d'un des systèmes réalisés par la société MATRA confirme ce propos.

La décentralisation du système d'assistance de fabrication s'obtient, avant tout, moyennant un certain degré d'autonomie informationnelle au niveau des machines. Ce qui implique la conception des coffrets dotés d'un certain degré "d'intelligence".

La rapidité d'acquisition des données du coffret se fait aux dépens du traitement local qui est quasiment nul.

La figure 3.4 met en évidence les aspects remarquables quant à la saisie de l'information : on observe une minimisation des données provenant de l'armoire d'automatisme et automatiquement saisies (E_M) au profit des données manuelles (E_0).

Il ressort de la figure 3.7 que E_0 est une reconstitution par l'opérateur des informations provenant de la machine (P et F).

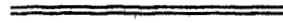
On constate également que l'opérateur a peu de retour d'informations, pourtant nécessaires pour assurer sa tâche, on comprend alors le manque de confiance de l'opérateur dans le coffret, que nous avons constaté au cours des études menées à l'usine et l'utilisation excessive de la liaison téléphonique (un appel : à l'assistance de fabrication toutes les 30 s environ).

Il n'a pas été possible d'accéder aux documents permettant de connaître les travaux sur la 1ère phase de la conception des coffrets. Il nous semble que les coffrets ne sont pas étudiés en fonction de l'évolution des machines auxquelles ils sont affectés, mais plutôt en fonction du nombre des liaisons ARMOIRE D'AUTOMATISME/COFFRET pour une classe donnée de machines.

Dans l'ensemble, cette conception ne semblerait se justifier, ni par des objectifs de rentabilité économique ou de temps.

Ce point sera détaillé dans le chapitre suivant.

DEUXIÈME PARTIE



ÉTUDE DU TERMINAL

CHAPITRE IV

DEFINITION D'UN CAHIER DES CHARGES DU TERMINAL

I N T R O D U C T I O N

Nous avons mis en évidence l'importance du problème d'interface homme-machine. Rappelons que l'acquisition des données, la prise d'une décision correspondante, ainsi que l'application de cette décision sous forme d'une commande au processus, sont des phases où intervient un opérateur humain.

L'homme est en interaction avec des machines de différentes natures (machines-outils, calculateurs, dispositifs électromécanique, etc ...). Cette interaction est avant tout, celle d'échange d'informations. Or, les deux entités en interaction (l'homme et l'ensemble de machines) sont fondamentalement différents l'une de l'autre.

Dès lors, l'étude d'un interface homme-machine s'impose. Il s'agit d'un noeud essentiel dans un réseau multiprocesseur hiérarchisé.

L'interface que nous proposons est un terminal, programmable à base de microprocesseur, étudié tant sur le plan hardware, tant sur le plan logiciel, pour résoudre le problème posé.

Cette solution est le résultat d'une campagne d'études de la Française de Mécanique à DOUVRIN, avec l'étroite collaboration du personnel d'exploitation; Assistants de Fabrication, Chefs d'Equipes et plus particulièrement Opérateurs des machines.

Ce chapitre a pour sujet la définition d'un cahier des charges du terminal.

IV.1 - LE ROLE D'UN TERMINAL DANS LE SYSTEME D'ASSISTANCE DE FABRICATION

IV.1.1. - Le terminal dans le réseau multi-processeur

L'interface proposé est un boîtier de saisie des données automatique et manuelle, avec visualisation et traitement local. Il s'agit d'un terminal dans le système d'assistance de fabrication dont le réseau est représenté par le schéma de la figure IV.1.

Ce système multi-processeur, étudié par ailleurs (FIT), comporte trois niveaux désignés respectivement par L1, L2 et L3 dans l'ordre de hiérarchie croissante. Ces niveaux sont définis par :

$$\delta_{L1} = \{ \delta_{L1}^1, \delta_{L1}^2, \delta_{L1}^3 \}$$

où

$$\delta_{L1}^k = \{ A_{ki}; k = 1,2,3, i = 1,2, \dots, 100 \}$$

$$\delta_{L2} = \{ B_1, B_2, B_3 \}, \text{ et } \delta_{L3} = \{ C \}$$

Le niveau L3 rassemble dans une salle de contrôle, un calculateur muni de ses périphériques standards ainsi que des pupitres équipés des écrans de visualisation réservés aux assistants de fabrication.

Ce niveau s'occupe de la surveillance continue de l'ensemble des processus de fabrication et d'archivage. Il s'agit d'un centre de prise de décisions aboutissant à l'exécution des fonctions d'intervention de nature essentiellement préventive pour le processus de fabrication.

Le calculateur du niveau L3 est connecté séparément à chacun des trois calculateurs du niveau L2. Ces trois derniers calculateurs forment dans leur ensemble une configuration triple-parallèle; chacun étant muni d'interface permettant d'assurer et de contrôler les diverses liaisons de communication inter-processeurs : sur les voies (B_k, C) , (B_k, A_{ki}) , $(B_k, B_{k'})$.

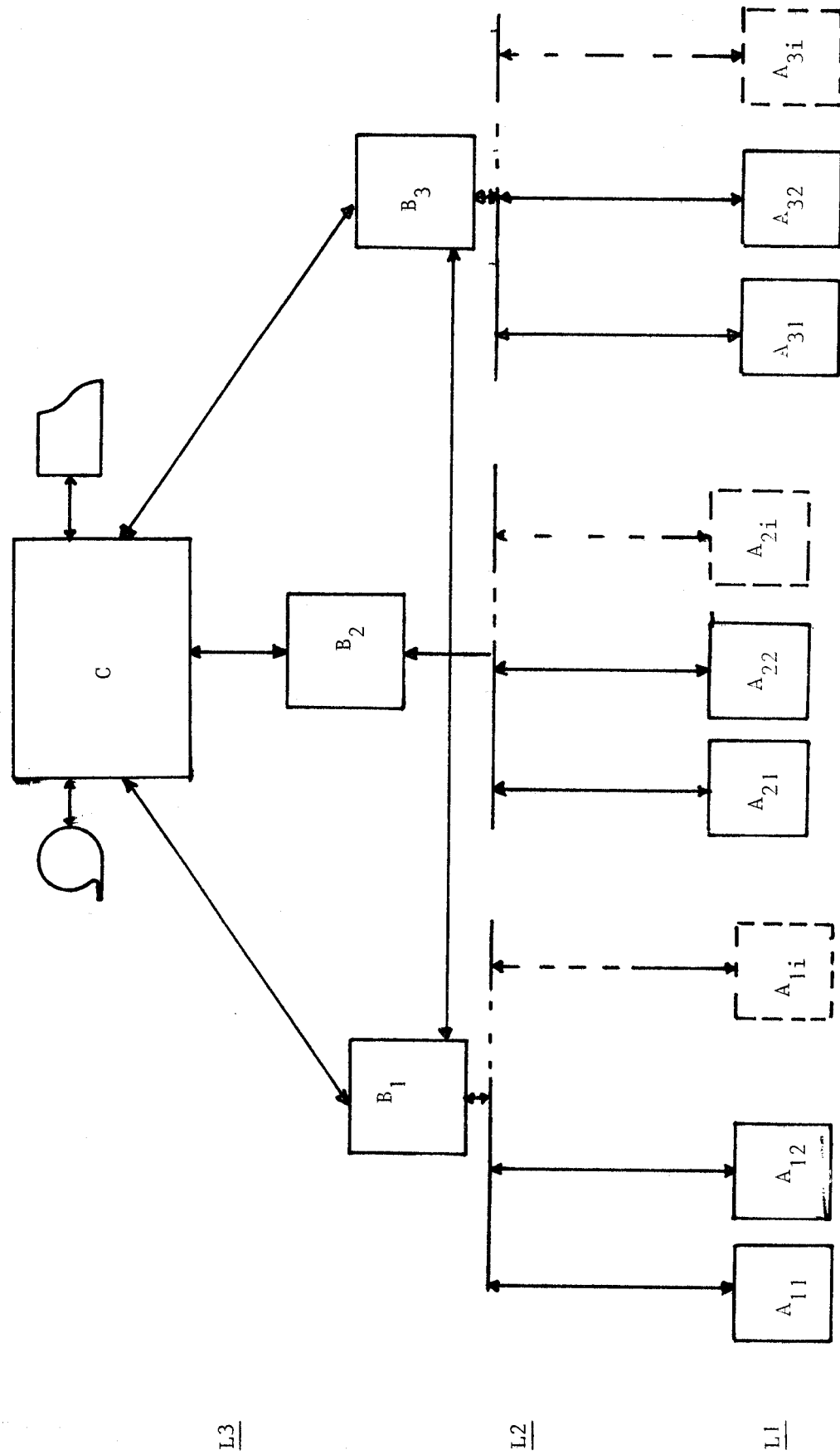


Figure 4.1



Le niveau L1 qui requiert plus particulièrement notre attention, rassemble 300 terminaux A_{ki} groupés de manière que chaque calculateur B_k du niveau L2 soit en liaison avec 100 terminaux A_{ki} . Chaque terminal est conçu pour permettre la réception de messages en provenance d'un calculateur B_k et une éventuelle détection d'erreurs dans ces messages. Le terminal constitue une unité de prétraitement des informations provenant des machines-outils et des opérateurs correspondants. De ce fait, chaque terminal A_{ki} comporte des circuits assurant la mise en forme des signaux élémentaires ainsi que des circuits logiques réalisant des fonctions diverses:

stockages temporaires des données, temporisation transcodages etc...
Ces circuits seront détaillés plus loin.

L'intégration du terminal dans ce nouveau système d'assistance de fabrication implique que les spécifications fonctionnelles d'un terminal A_{ki} vont s'exprimer en fonction du contenu du cahier des charges du système global.

L'ensemble des spécifications fonctionnelles d'un terminal A_{ki} se décompose en deux fonctions : soit : fonctions inter-processeurs et fonctions locales.

IV.1.2. - Fonctions inter-processeurs d'un terminal A_{ki}

Comme nous venons de constater, un terminal A_{ki} assure le rôle d'interface dans un système multi-processeur à fonctions réparties.

De ce fait la compatibilité de ce terminal vis-à-vis de la structure, du système global, tant au niveau hardware qu'au niveau logiciel est désormais requise.

IV.1.2.1. - Contraintes de compatibilité

=====

Du point de vue fonctionnel, l'exploitation du terminal doit être intégrée à la hiérarchie du système global et ainsi permettre une coordination harmonieuse de toutes les unités interconnectées pour la réalisation des objectifs du système d'assistance de fabrication.

Ceci implique que le terminal lui-même va se présenter sous forme d'une unité de décision influençable par le niveau L2 à travers les facteurs relatifs :

- . à ses objectifs
- . aux conséquences de ses décisions
- . à l'ensemble des choix possibles aux moments de décision.

Notons que ce système possède une structure plus décentralisée que celle du système étudié au chapitre III. Cette décentralisation implique nécessairement la spécialisation des sous-systèmes, y compris les terminaux A_{ki} . La coordination de ces unités spécialisées constitue une des tâches d'organisation du système global d'assistance de fabrication.

Le terminal que nous étudions doit être conçu pour faciliter cette tâche.

A ce sujet, il faut prendre en compte une politique d'intervention du niveau L2 au niveau L1 où se trouve le terminal A_{ki} . En ce qui concerne les moments d'intervention, on peut envisager les deux cas : soit intervention pré-décisionnelle, et intervention post décisionnelle.

IV.1.3. - Interaction du terminal avec le niveau hiérarchique L2

Pour un terminal A_{ki} donné, cette interaction se caractérise essentiellement par des échanges d'informations avec le calculateur B_k correspondant du niveau L2.

Ces échanges comprennent les ordres d'intervention, en provenance de L3, et qui vont modifier le traitement au niveau L1. Il s'agit des messages de commande pour le niveau local L1 auquel ils constituent la fermeture de la boucle de commande. Ce signal de retour qui a pour but la diminution de la sensibilité du processus vis-à-vis des perturbations peut également se faire sentir comme une contrainte supplémentaire à l'évolution du processus mécanique automatisé. Dès lors un choix judicieux de la politique d'intervention s'impose.

IV.3 - FONCTIONS LOCALES

Le terminal de saisie et le niveau local.

La figure 1.3 montre de façon explicite le rôle d'un terminal au niveau LI du système de suivie.

Les voies a et b sont déjà définies (cf figure 1.1). L'opérateur (OP) communique avec le processus d'usinage F_o d'une part, et le terminal de traitement A_{ki} d'autre part, au moyen des voies suivantes :

- . c commandes opérateur de A_{ki}
 - . d information sur l'état du processus à partir du traitement
 - . e intervention directe de l'opérateur sur le processus
 - . f observation directe de l'état du processus
- g et h sont les liaisons avec le niveau supérieur.

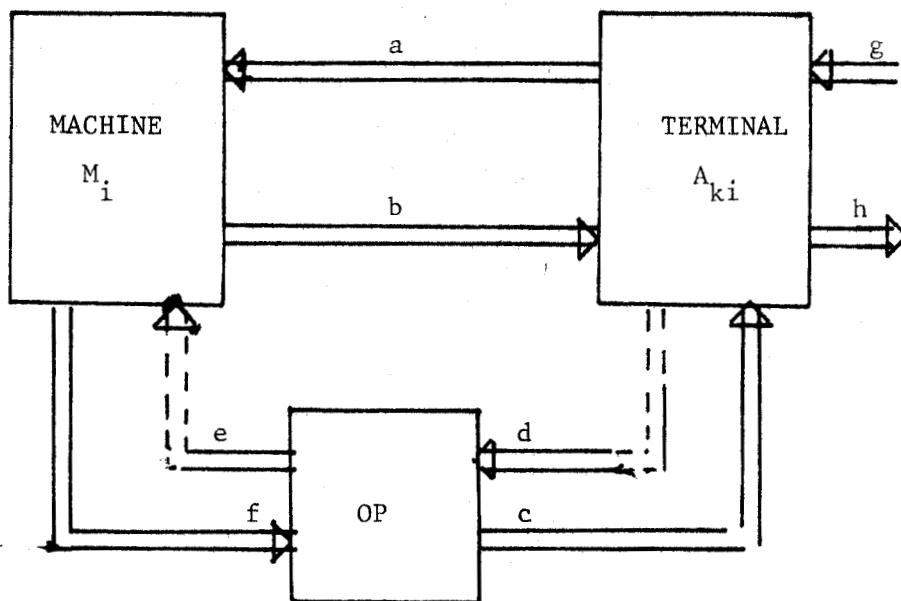


Figure 4.2

La fonction du terminal au niveau local L1 se subdivise en trois phases :

- . la saisie des données (voies b et c)
- . le traitement des informations
- . la transmission des informations

IV.3.1. - La saisie des données

Les signaux en provenance des machines-outils sous forme des tensions analogiques ou logiques, de différentes caractéristiques sont forts bruités pour des raisons déjà exposées (cf 1.4). Il est donc important que le terminal de saisie comporte un circuit permettant le prétraitement des signaux issus de divers types de capteurs installés sur les machines-outils. Afin de respecter les impératifs liés à une observation fidèle des états des machines-outils, l'interface de saisie doit effectuer les acquisitions des informations nécessaires d'une façon automatique et le plus près possible des sources correspondantes (machines-outils, opérateurs).

IV.3.2. - Traitement des informations

Une fois enregistrées les informations en provenance des machines-outils de l'opérateur du calculateur du niveau supérieur peuvent subir un certain nombre d'opérations dans le terminal. Le but de ces opérations est de transformer les signaux en un ou plusieurs messages à la fois compatibles (conditionnement et mise en format) et compréhensibles (transcodage) à toute autre unité intéressée.

IV.3.3. - Transmission ou diffusion des informations

Le terminal doit être doté d'un interface approprié permettant de transmettre des informations synthétisées ou non à des unités qui en auraient besoin pour la prise d'une décision quelconque relatives aux tâches de l'assistance de fabrication.

Pour le personnel d'exploitation, soulignons que ces messages doivent être fournis le plus vite possible sous une forme qui leur convient le mieux. Comme la perception visuelle est la plus commode, la clarté de perception dans la diffusion d'informations destinées à l'opérateur humain est d'une importance fondamentale.

Il s'agit d'assurer la fiabilité maximum de réception, fiabilité dont dépend celle du système de suivi.

Dans tout le cas cette phase de transmission et diffusion doit veiller à l'intégrité des échanges entrepris.

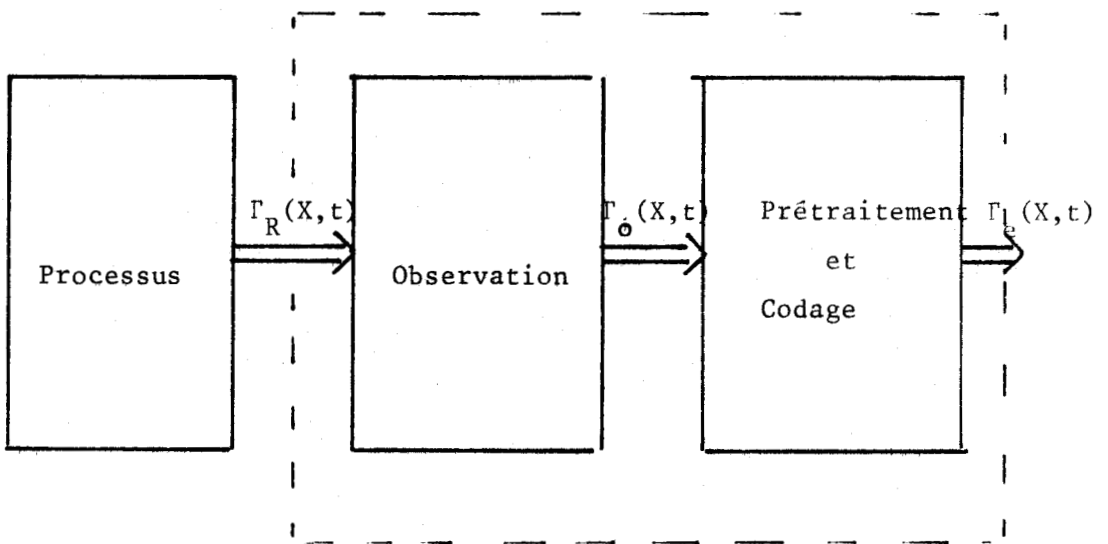


Figure 4.3

Γ_e ; Γ_o et Γ_e sont respectivement fonction d'état réelle, observée et codée.

IV.3.4. - L'interaction du terminal avec le personnel d'exploitation

De ce qui précède, il résulte que le terminal va jouer un rôle fondamental dans toutes les tâches imposées. Nous avons vu que la tâche du système à l'assistance de fabrication et qui sont :

- . *Gestion de cycle*
- . *Gestion de pièces*
- . *Gestion d'outil*
- . *Gestion de dialogue*
- . *Archivage*

Dans le but de préciser le rôle du terminal dans son environnement, nous allons examiner les informations nécessaires correspondant aux différentes fonctions du personnel de l'atelier de fabrication, les échanges entre le terminal et le personnel d'exploitation.

IV.4 - L'INTERACTION DU TERMINAL AVEC LE PERSONNEL D'EXPLOITATION DU SYSTEME

Rappelons directement que le terminal est utilisé :

- . *par les opérateurs*
- . *par les chefs d'équipe en vue d'améliorer les échanges d'information et les prises de décision*

indirectement

- . *par les niveaux supérieurs d'encadrement, les services administratifs et de méthodes exploitant les résultats obtenus en temps différés.*

IV.4.1. - Opérateur

C'est lui qui assure le bon fonctionnement de la machine.

Pour cela, il doit :

- *surveiller en permanence l'état mécanique de sa machine pour en déceler éventuellement les dérèglages (annoncés par exemple par l'information cycle doublé (CYD) ou par le contrôle des pièces usinées) ou les pannes (PAN).*
- *appeler la maîtrise (C.E.) en cas de pannes*
- *effectuer les changements d'outils (CO)*
- *assurer le codage de ce changement d'outil (CCO)*
- *procéder aux différents contrôles*
- *assurer le chargement (ou déchargement) de la machine lorsque celui-ci est manuel.*

Pour remplir sa tâche, le terminal de prise et de rendu d'informations, doit l'informer :

- *de la classe $C_i(u)$ des outils à changer*
- *du nombre de pièces réalisées $N (R)$*
- *du refus d'autorisation d'un nouveau cycle (RAC)*

Il informe le coffret :

- *en cas d'appel de maîtrise (MCAL)*
- *du début et de la fin des changements d'outil (DCO, FCO)*
- *par codage de la classe des outils qu'il a effectivement changés*

IV.4.2. - Chef d'équipe

Il s'occupe du bon fonctionnement d'une chaîne d'usinage. Ces objectifs restent à court terme. Il doit s'assurer :

- *le commandement des opérateurs attachés à son service*
- *la gestion du personnel*
- *la gestion des en cours*
- *l'organisation des postes en fonction de la cadence prévue*
- *l'information et la formation du personnel*

C'est lui qui :

- *intervient en cas de panne en prenant toutes les décisions nécessaires à la remise en état rapide de la machine*
- *procède à l'appel du service entretien (D.E.M.O.)*
- *procède au codage des pannes*

Pour cela, il dispose :

- *des informations transmises par l'opérateur*
- *des informations données par le terminal*
- *de la possibilité d'entrer en communication avec l'assistant de fabrication*
- *des documents émis par l'assistance de fabrication (listing journalier, listing hebdomadaire, cycles et outils)*

IV.4.3. - Le contremaître

C'est l'adjoint du chef d'atelier. Ses objectifs sont à long terme.

Il est responsable de :

.../...

- la tenue des programmes
- de l'entretien des moyens utilisés
- de la qualité du produit
- de la consommation des outils coupants
- de la ventilation des informations

dont c'est lui qui est le plus apte à tirer profit des résultats obtenus en temps différés.

Les documents qu'il peut consulter sont :

- les listing journalier : EDIT 1
- le listing hebdomadaire : EDIT 2
- rendement mensuel : EDIT 3
- cycles et outils : EDIT 4
- interventions D.E.M.O. : EDIT 5

voir annexe (d) pour exemples de documents.

IV.4.4. - Assistant de fabrication

Les informations échangées entre le terminal et la salle de contrôle de l'A.F. transitent par le niveau L2. En ce qui concerne l'assistant de fabrication, deux tâches principales lui sont confiées :

SURVEILLANCE

A tout moment, il est informé de l'état de chaque machine. Une anomalie apparaît sur une machine, aussitôt il en est informé .

PREVENTION

C'est lui qui prévient : les caristes qui sont chargés du mouvement des pièces brutes ou finies.

les chefs d'équipe en cas d'appel maîtrise
et en cas d'anomalie de fonctionnement
d'une machine.

Pour cela, il dispose :

- d'une "visu" sur laquelle apparaît les numéros des machines présentant un défaut, et les réponses aux questions qu'il pose au calculateur.
- d'un clavier d'interrogation qui lui permet de poser les questions suivantes :
 - demande de bilan outil d'une machine (B0)
 - visualisation des seuils (charnière à 80%)
 - demande d'état machine
 - visualisation des caractéristiques d'une machine (cf § II)

qui lui permet de faire diverses modifications sur le descriptif atelier (ceci n'étant bien sûr valable que sur un poste de 8 H).

- modifications des caractéristiques machines
- changement d'une classe d'outil machine C_i (u)
- modification des charnières
- modification d'affectation.

IV.5 - EXPLOITATION LOCALE DU TERMINAL

La fonction exploitation devra assurer :

- . *la commande et le contrôle des phases de travail (initialisation, lancement, suivi temps réel, fin de poste, et de journée)*
- . *la reconfiguration de l'installation à la demande de l'exploitant de façon à permettre la maintenance normale du système et de faire face aux pannes (mise en hors service de chaque dispositif de saisie d'information sur machine).*

. *la vérification en permanence du bon fonctionnement du système d'acquisition et de traitements des informations.*

En cas d'anomalies des procédures de secours seront exécutées de façon à assurer une disponibilité maximum et une tolérance aux pannes élevées.

IV.5.1. - Gestion de cycle

Nous avons vu (cf § II) que la séquence de travail normal d'une machine comporte trois phases principales :

- *son chargement*
- *l'usinage de la ou des pièces*
- *son déchargement*

La fonction suivi a pour objectif la surveillance du bon déroulement de cette séquence de travail.

Trois tâches lui sont imparties :

Surveillance du chargement

Ici il faut distinguer 2 types de machines :

- machine en début de chantier ou à alimentation manuelle. Dans ce cas, l'alarme risque de désamorçage et à fortiori désarmorçage (manque de pièces) déclanche aussitôt l'appel d'un cariste.
- machine au milieu de l'unité de production, ou à alimentation automatique. Dans ce cas, l'alarme désarmorçage est enregistré principalement pour l'analyse des temps productifs et improductifs.

Surveillance de cycle

Toute variation de la durée du cycle (T(CY)) par rapport à sa valeur nominale (calculée par le Service Méthodes) indiquera un dérèglement de la machine, et devra donc produire un message enregistré (cycle doublé par exemple) qui sera transmis aux agents de maîtrise grâce au relevé journalier.

Compte-tenu des possibilités technologiques actuelles de mise en oeuvre de processeurs réalisant des fonctions pratiques, certaines améliorations peuvent être rapidement introduites au niveau du terminal machines. En particulier une gestion plus détaillée du temps de cycle machine :

<u>Fonction</u>	<u>Niveau machine</u>	<u>Niveau C.E.</u>
Gestion cycle	: - alarme lumineuse	: - impression si
	: si $T(CY) > XT-CYN$: $T(CY) > Y(TCN)$
	: - maintien alarme	: - mesure T(CY) moyen
	: si $X > 2$:
	:	:

IV.5.2. - Gestion de pièces

A partir d'informations saisies sur chaque machine, on désire compter les pièces par type au niveau de la machine. Cela pour connaître, à chaque fois qu'il est nécessaire (demande d'état machine, état de fin de poste,...) la production réalisée.

A cet effet, des compteurs munis de dispositifs de lecture et de remise à zéro télécommandés sont installés au niveau de chaque machine.

La remise à zéro des compteurs se faisant automatiquement dans les phases d'initialisation et de fin de journée.

Il a été tenu compte lors de l'implantation des compteurs qu'une même machine peut :

- soit usiner plusieurs pièces de même nature mais se rattachant à des moteurs différents. Dans ce cas, il a fallu distinguer plusieurs types de pièces, $U = \{ u_1 u_2 u_3 \dots u_R \}$, $R \in \mathbb{N}$.

- soit usiner plusieurs pièces d'un même moteur au cours d'un même cycle. Ce nombre pouvant lui-même varier selon l'état mécanique de la machine-outil.

En ce qui concerne la gestion de pièces, le terminal fournira à l'opérateur ou le chef d'équipe les informations suivantes :

- . *Nombre de pièces usinées depuis un certain instant*
- . *Nombre de pièces restant à usiner (s'il existe un quota)*
- . *Nombre de pièces en cours d'usinage.*

Le comptage des pièces sera également utilisé pour la gestion des outils qui fait l'objet du paragraphe suivant.

IV.5.3. - Gestion d'outils

Remarquons que les charnières d'un même numéro de classe peuvent être différentes d'une machine à l'autre.

La gestion des outils doit permettre :

- à partir d'un comptage des pièces usinées par type de fournir à l'opérateur une indication de changement des outils ayant atteint leur charnière.
- de fournir à l'exploitation des informations concernant le degré d'usure des outils (bilan outil)
- à l'opérateur de signaler les changements d'outils qu'il effectue
- de stocker en vue de traitements ultérieurs les informations relatives au moment, à la durée, et à la nature de ces changements d'outils.

.../...

IV.5.3.1. - Surveillance des charnières

La surveillance de l'usure doit se faire d'une manière permanente. Deux seuils d'alarme sont prévus :

- . le premier fixé à 80% de la valeur de la charnière entraîne l'émission d'une signalisation (feux clignotants) au niveau de la machine qui indique à l'opérateur qu'il pourra profiter d'un éventuel arrêt de sa machine (pannes, etc ...) pour effectuer le changement de la classe.
- . le second fixé à 100% de la valeur de la charnière conduit à une signalisation (feux fixes) au niveau de la machine et entraîne un refus d'autorisation d'un nouveau cycle de la machine. L'opérateur devra impérativement faire le changement d'outils.

IV.5.3.2. - Bilan outil

L'édition du bilan d'outil permet, pour une machine donnée, de connaître pour chaque classe d'outil le nombre de pièces restant à usiner avant d'atteindre la charnière.

Ce bilan est principalement demandé quand le premier seuil d'alarme est dépassé.

En résumé, en ce qui concerna la gestion des outils, le terminal doit satisfaire aux spécifications suivantes :

- affichage de la position par rapport à la charnière pour chaque classe d'outil, à la demande de l'opérateur ou du chef d'équipe.
- calcul du nombre de pièces encore usinables en marche normale avant d'atteindre la plus petite charnière : évaluation du temps.
- dispositif de saisie du temps global de changement d'outil (avec codage des outils changés).

Intervention possible de la maîtrise sur appel de l'opérateur indépendamment de la commande " Refus d'autorisation de cycle ".

IV.5.4. - Dialogue

Le rôle du terminal comme interface de dialogue doit se manifester dans toutes les tâches de suivie.

IV.5.4.1. - Un temps de dialogue bref

Par dialogue, nous entendons ici aussi bien les échanges avec l'ensemble informatique que les échanges entre les différents utilisateurs.

Pour accélérer la circulation de l'information, il semble indispensable de réduire au minimum le recours au téléphone : en effet lorsque l'information est disponible sur place là où elle doit être délivrée, il est plus facile et plus rapide de s'en servir.

Cependant il est tout aussi indispensable de favoriser également le dialogue entre ceux que la bonne marche du travail oblige à des rapports fréquents (opérateur et chef d'équipe; cariste et assistant de fabrication ...) et il faudra donc prévoir dans l'ensemble un système de recherche de personne.

Visualisation =====

L'affichage des messages destinés à l'opérateur doit permettre une lecture facile.

Codage simple =====

les codes utilisés doivent être simples.

IV.5.5. - Archivage

Comme nous l'avons signalé auparavant (cf. 1.1) la tâche d'archivage proprement dite est confiée à l'unité de traitement du niveau L3. du système

d'A.F. Toutefois, le terminal est à la base d'élaboration des informations qui vont faire l'objet du procédure d'archivage pour fins d'exploitation statistique. Il est alors, important que le terminal dans l'exécution de ses diverses tâches ne les fait pas de façon à compromettre cette procédure.

Les messages transmis par le terminal aux niveaux supérieurs doivent par conséquent, contenir toutes les indications permettant la réalisation éventuelle des fichiers cohérents et conçus dans la tâche d'archivage.

IV.5.6. - Spécifications relatives à la mobilité d'une chaîne d'usinage

Il faut enfin rappeler dans ce premier chapitre qui fixe le cadre global de notre étude, que par essence même un atelier quel qu'il soit est appelé à subir les différentes pressions extérieures que nous évoquions dans le premier paragraphe et donc il va évoluer de façon aléatoire et imprévisible. La structure qui aura à le gérer devra donc pouvoir elle aussi s'adapter et se transformer de la même façon. Elle devra :

- pouvoir se transformer, c'est-à-dire accepter la suppression ou l'adjonction de nouvelles fonctions et utilisations sans pour cela reprendre toute l'étude avec l'impact financier que cela suppose.
- pouvoir s'étendre et se développer dans les mêmes conditions que l'atelier lui-même.

IV.5.7. - Précision

Une exploitation des informations enregistrées a permis de déterminer (cf. A.N.) quelques paramètres statistiques nécessaires pour la précision des spécifications du terminal A_{k_i} .

Rappelons que le flux total d'informations (cycliques et aléatoires) est de l'ordre de 10^6 évènements par poste de 8 heures.

Ce flux est considéré dans deux conditions :

- régime moyen
- régime de pointe.

Il est intéressant de constater que le régime de pointe est dû de manière prépondérante non pas aux évènements aléatoires, mais aux évènements cycliques.

IV.5.7.1. - Contraintes dues à la précision

Le temps de cycle moyen $T(CY)$, du processus d'usinage est de l'ordre d'une minute.

La précision demandée au système de suivi vu du côté de l'assistant de fabrication est 1/100 de minute, autrement dit le système informatique ou l'assistance de fabrication doit fournir une " image " à jour de l'état de l'ensemble du processus d'usinage tous les 600 millisecondes.

IV.5.7.2. - Résumé relatif aux fonctions du terminal

La figure A_{ki} résume les spécifications du terminal A_{ki} relatives aux échanges d'informations avec le personnel d'exploitation. Notons que l'image fournie par le terminal à l'opérateur doit :

- être la plus simple des trois images
- posséder tous les détails essentiels
- avoir le plus petit temps de reconstitution

Notons les implications de la nature antagoniste des spécifications précédentes vis-à-vis de la recherche d'une solution. Quant à l'image reçue par l'assistant de fabrication, elle doit comprendre tous les détails essentiels de toutes les chaînes du département X, ceci à des fins d'archivage et de prévention : l'assistant de fabrication doit en effet pouvoir isoler à volonté un poste de machine-outil problématique.

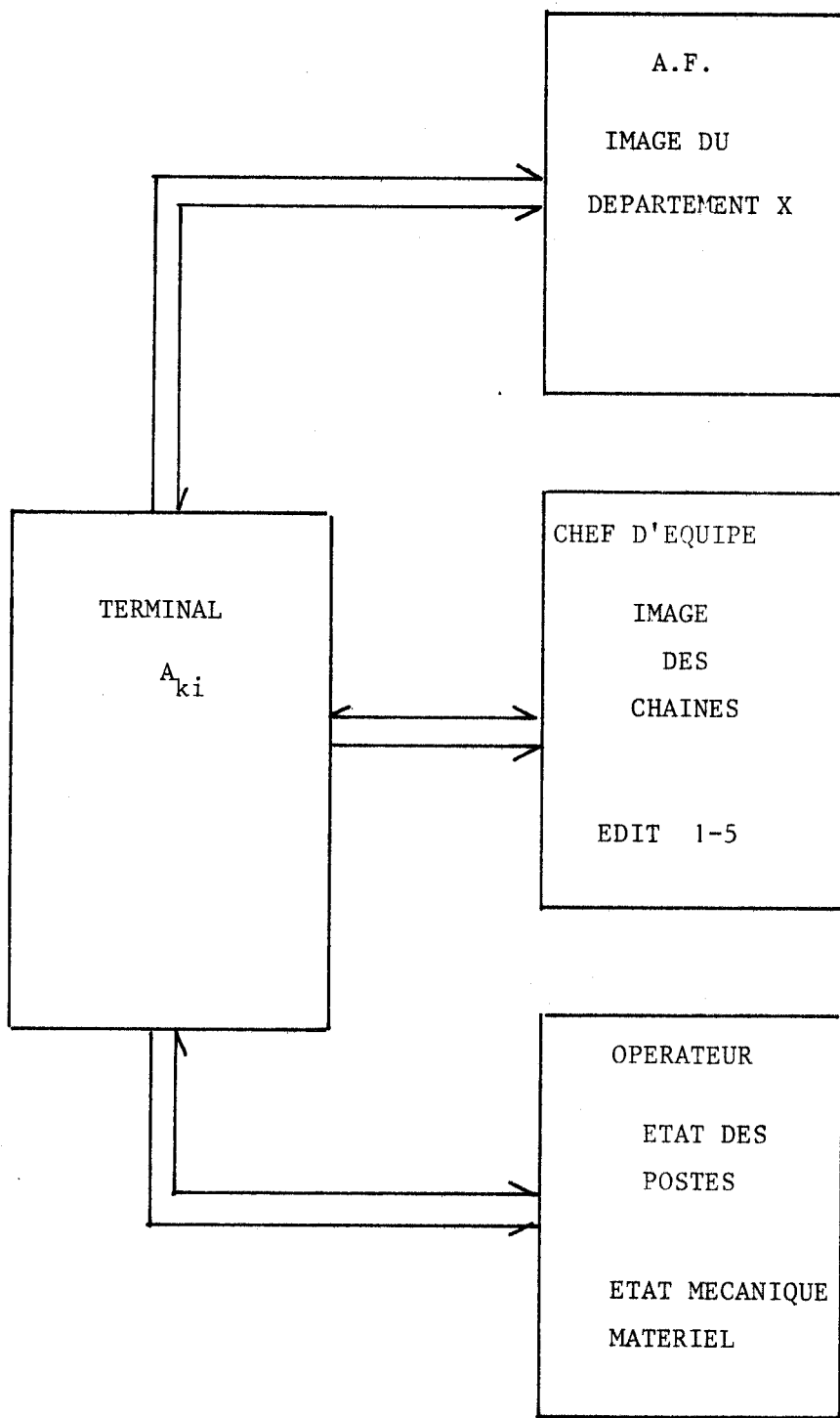


Figure 4.4



IV.6 - LES ASPECTS FONDAMENTAUX DE LA SOLUTION PROPOSEE

IV.6.1. - Approche séquentielle

Les études visant la réalisation des tâches de suivi au niveau des machines-outils nous ont conduit à choisir une solution fondée sur le traitement des informations par un organe digitale et séquentielle.

Il s'agit du microprocesseur.

Compte tenu de la nature des contraintes à respecter, on est amené à entreprendre une étude tant sur le plan hardware tant au niveau logiciel.

IV.6.2. - Les avantages d'une solution à base d'un microprocesseur

Une étude détaillée des diverses spécifications du terminal a guidé notre choix d'une solution à base de microprocesseur. Les raisons qui ont conduit à cette solution d'un terminal programmé ne sont pas seulement liées aux spécifications fonctionnelles et opérationnelles, mais aussi justifiées par l'évolution technologique des composants des organes de commande.

Nous ne rentrerons pas dans les détails de l'étude des microprocesseurs; rappelons simplement que par rapport aux circuits de commande cablés, les microprocesseurs offrent les avantages suivants:

souplesse : grâce à l'utilisation de logiciel
=====

fiabilité : améliorée grâce à la minimisation des circuits et interconnexions
=====

maintenance et sécurité : par l'amélioration du diagnostic des pannes, et
===== par le remplacement facile des modules défectueux.

coûts réduits en application : surface de stockage réduite, consommation
===== d'énergie réduite, disponibilité des matériels de support.

.../...

CONCLUSION

Nous venons de détailler les différentes fonctions requises pour le terminal de saisie au niveau des machines-outils. Cet interface homme-machine, nous l'avons vu, fait partie intégrante d'un réseau multiprocesseur à structure hiérarchique et décentralisée.

La réalisation de cet interface à partir de son cahier des charges se fait en tenant compte des contraintes matérielles de diverses formes sans oublier celles dûes aux facteurs humains.

Une approche systématique dans la recherche d'une solution est indiquée. Il s'agit d'une étude caractérisée par une série de prise de décisions.

Le chapitre suivant est destiné à présenter la première phase de l'étude (du point de vue matériel) du terminal proposé.

CHAPITRE V

ETUDE FONCTIONNELLE DU TERMINAL

INTRODUCTION

Après avoir défini les spécifications fonctionnelles du terminal, nous abordons dans ce chapitre l'étude de ce terminal sur le plan matériel.

Il s'agit d'un système logique multivariable. Une décomposition du terminal en trois sous-systèmes fonctionnels, et l'utilisation des réseaux de Pétri dans cette étude, permettent de simplifier le problème.

En tenant compte des contraintes évoquées dans le cahier des charges, ainsi que des raisons relevant de la faisabilité technologique, nous décrivons les aspects essentiels de la solution obtenue.

Cette solution, rappelons-le, est à base d'un microprocesseur. Toutefois, afin que cette solution conserve toute sa généralité, il est souhaitable d'éviter toute description propre à un seul type de microprocesseur.

V.1 - RECENSEMENT DES ENTREES

V.1.1. - Les sous-systèmes fonctionnels de A_{ki}

Du point de vue fonctionnel, le terminal A_{ki} est composé de trois sous-systèmes essentiels en interaction. Comme l'indique la figure 3.7 les sous-systèmes constitutifs sont :

- δ_o : sous-systèmes relatif au personnel d'exploitation locale dont les ensembles d'entrée sont respectivement E_o et S_o .
- δ_M : ce sous-système permet d'assurer, les échanges d'information entre le processus d'usinage (poste de machine-outil) et le terminal A_{ki} ; E_M et S_M définissent respectivement, les ensembles d'entrée et de sortie.
- δ_C : réalise les échanges d'information entre le terminal et le niveau supérieur L_2 au moyen des signaux contenus dans l'ensemble d'entrées E_C et celui des sorties correspondant S_C .

V.1.2. - Définition des ensembles d'entrées

Les tableaux T.5.1 à T.5.3 résument les informations de base que doit acquérir et traiter le système A_{ki} .

<u>Information dans E_o</u>	<u>Symbole</u>
Appel maîtrise	MCAL
Arrêt machine (opérateur)	AM
<u>Codages Outil</u>	<u>CDOU</u>
. Changement d'outil	CO
. Classe d'outil	CLOU
<u>Codage Panne</u>	<u>CDPAN</u>
. Station	STA
. Type de panne	XPAN
<u>Codage alarmes</u>	<u>CDAL</u>
Risques de désamorçage	RDES
Risque de saturation	RSAT
Manque de personnel	MP
Disponibilité	DIS
<u>Divers</u>	
Validation de codes	VAL
Verrouillages	VER
Demandes d'états	

Tableau 5.1

<u>Informations dans E_M</u>	<u>Symbole</u>
Machine sous tension	MST
Contrôle cycle	CCY
Début cycle	DCY
Fin cycle	FCY
Saturation	SAT
Risque de saturation	RSAT
Désamorçage	DES
Risque de désamorçage	RDES
Comptage pièces	CTPC
Arrêt machine	AM

Tableau 5.2



<u>Signal $e_i \in E_C$</u>	<u>Symbole</u>
Contrôle ligne de transmission	CLT
Refus d'autorisation de cycle	RAC
Remise à zéro du compteur des pièces	RAZ
Demande de contenu compteur des pièces	IPC
Commande clignotant de feu charnière à 80%	COC
Commande fixe de feu charnière à 100%	COF
Divers	

Tableau 5.3 - Signaux contenus dans E_C



Les listes des différentes informations présentées dans les tableaux ci-dessus ne sont pas limitatives.

En effet, l'un des spécifications du terminal (cf IV.5.6) est la souplesse vis-à-vis du traitement d'informations.

A ce propos, nous verrons plus loin que la solution proposée permet l'adjonction d'éléments à tous les ensembles d'entrées sans que la structure matérielle de l'unité A_{ki} soit modifiée. En particulier, le potentiel au point de vue information de E_o est considérablement augmenté.

Les signaux issus de l'armoire d'automatisme des machines-outils dans l'atelier sont principalement des niveaux " tout ou rien " (ex SAT, DES), ou des impulsions (ex DCY, FCY).

V.2 - SURVEILLANCE DU PROCESSUS D'USINAGE AU MOYEN DU TERMINAL

V.2.1. - Surveillance d'une machine-outil sous contraintes

Nous avons montré par un exemple (cf II.10) les différents problèmes à résoudre afin de réaliser la surveillance d'une tâche d'usinage à un poste de machine-outil. Dans cet exemple, cependant, on n'avait pas tenu compte de l'environnement et de son influence sur le comportement du processus.

Le réseau de Pétri de la figure 5.1 décrit l'évolution d'une station de machines-outils (un poste de machine-outil et son environnement). Il s'agit ici d'une description basée sur les spécifications de fonctionnement normal d'une unité dans l'atelier de fabrication.

Les expressions logiques des transitions indiquées dans cette figure sont données à la page . Un certain nombre de contraintes physiques dans le fonctionnement de l'unité a permis d'aboutir à ce réseau simplifié.

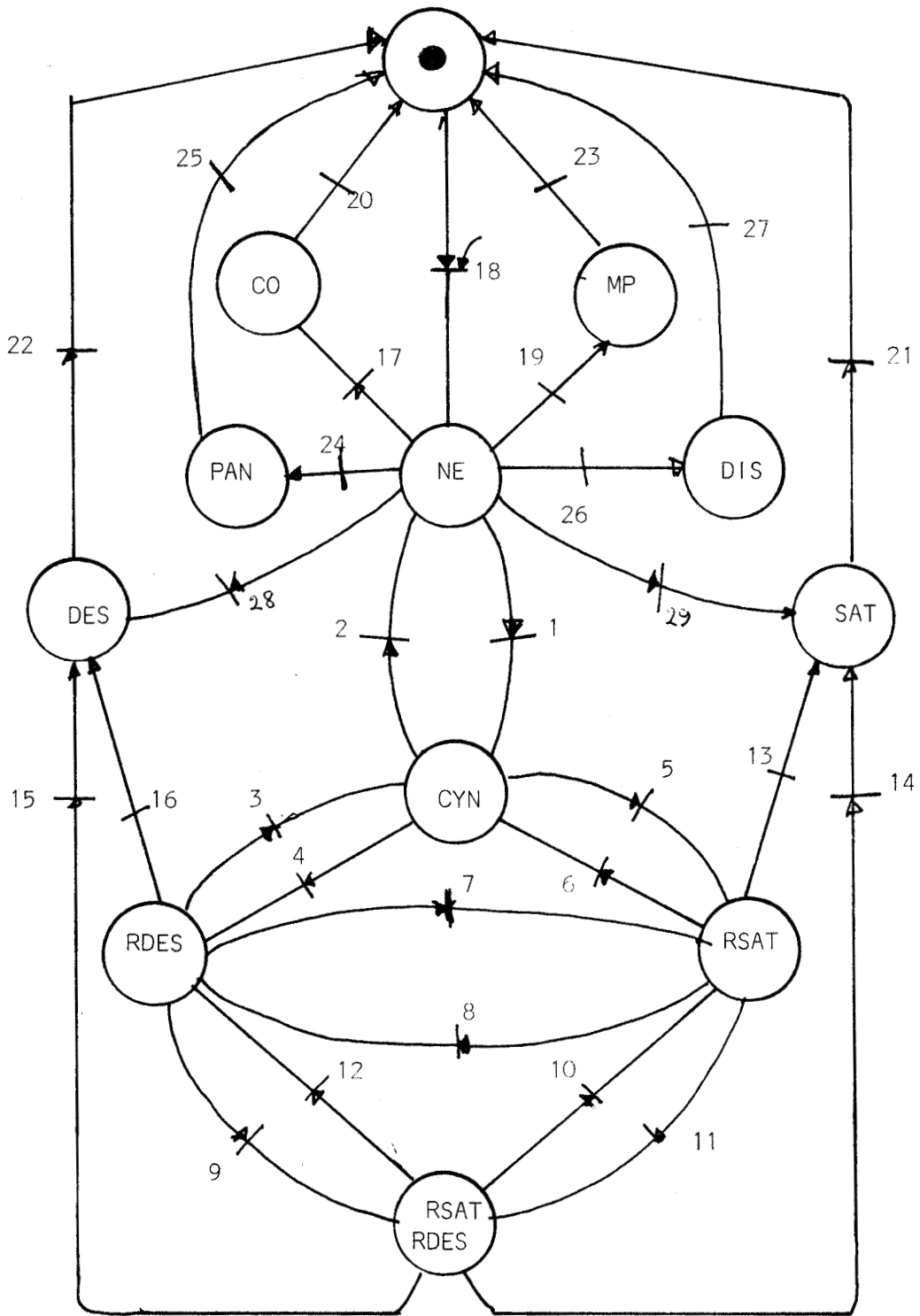


Figure 5.1 - Evolution d'une station à poste unique de machine-outil.



<u>Numéro de transition</u>	<u>Expression logique</u>
1	DCY. D. E(AM)
2	FCY. $\overline{\text{DRSAT}}$. $\overline{\text{RDES}}$
3	FRDES. $\overline{\text{DRSAT}}$
4	DRDES. $\overline{\text{DRSAT}}$. $\overline{\text{FCY}}$
5	DRSAT. $\overline{\text{DRDES}}$
6	FRSAT. $\overline{\text{DRDES}}$. $\overline{\text{FCY}}$
7	FRDES. DRSAT
8	FRSAT. DRDES
9	$\overline{\text{FRSAT}}$. DRDES
10	FRDES. $\overline{\text{FRSAT}}$
11	FRDES. $\overline{\text{DSAT}}$. RSAT
12	FRSAT. $\overline{\text{FRDES}}$
13	DSAT. $\overline{\text{DRDES}}$
14	DSAT. $\overline{\text{DDES}}$
15	DDES. $\overline{\text{DSAT}}$
16	DDES. $\overline{\text{DRSAT}}$
17	DCOF. \overline{e} (co). $\overline{\text{DCY}}$
18	DNE. $\overline{\text{RAC}}$
19	DMP. \overline{e} (MP). $\overline{\text{DCY}}$
20	FCOF
21	FSAT
22	FDES
23	FMP
24	D.PAN. \overline{e} (PAN)
25	FPAN
26	DDIS. \overline{e} (DIS). $\overline{\text{DCY}}$
27	FDIS
28	DDES. \overline{e} (DES)
29	DSAT. \overline{e} (SAT)

Tableau 5.4



Le réseau indique alors les états ainsi que l'ensemble des évènements qui ont une importance pratique et dont la prise en compte est directement impliquée par le problème de suivi.

V.2.2. - Etat d'arrêt machine

Des simplifications opérées sur le réseau résultent de spécifications pratiques de fonctionnement de la station. Par exemple, un changement d'outil (CO) ne se fait qu'à l'arrêt de la machine. D'autre part, certaines causes d'arrêt provoquent une transition par l'état de non-engagement (NE) avant d'atteindre l'état d'arrêt correspondant :

Rappelons que :

$$D (AM) = DAM = DPAN + DSAT + DDES + DMP + DCOF + DDIS$$

Cet évènement n'est pris en compte que quelques instants par sa validation (entrée par codage par exemple que nous représentons par DAM^{*}). A cet instant l'évènement provoquant l'arrêt est enregistré, et le RAC correspondant est engendré.

La figure 3 sert à illustrer ce point pour un arrêt pour cause de disponibilité.

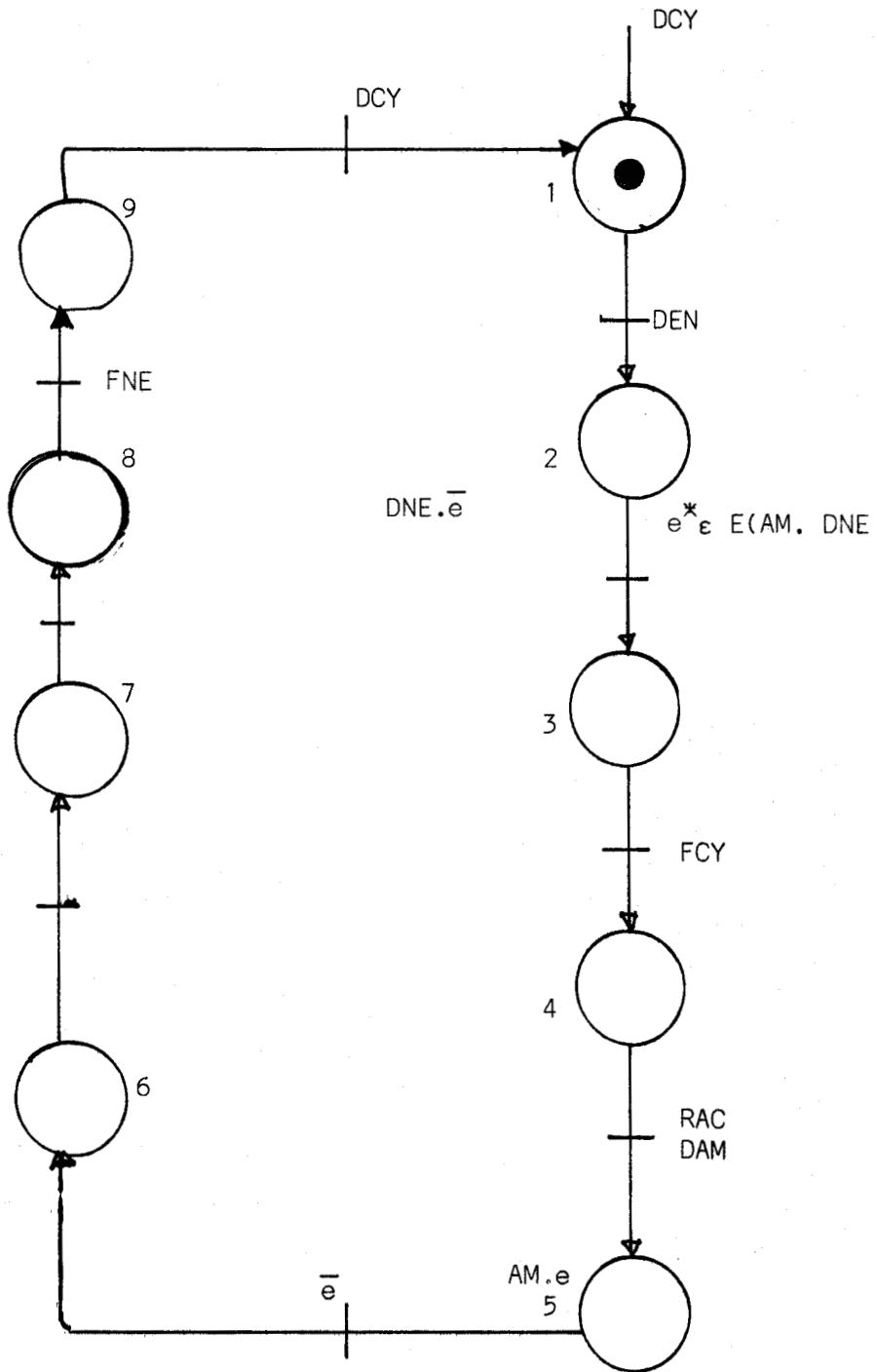


Figure 5.2 : Passage à l'état E(AM)



Le laps de temps qui intéresse le système de surveillance et la gestion d'une manière générale, est :

$$T = \tau_a + \tau_R$$

Pour certaines machines, l'arrivée de certains types des pannes et évènements telles que SAT et DES, le RAC est automatiquement généré, de sorte que τ_a est en pratique négligeable. Ceci n'est cependant pas le cas lorsque la validation se fait par un codage manuelle après constatation.

Nous avons vu que pour le fonctionnement des machines-outils dans l'atelier considéré, l'ensemble des évènements susceptibles de conduire à l'arrêt machine AM est :

$$E (AM) = \{ DCOF, DSAT, DDES, DDIS, DMP, DPS \}$$

La figure 5.2 montre les transitions sur l'état d'arrêt suite à l'arrivée d'un évènement $e \in E (AM)$.

Les raisonnements précédents peuvent être généralisés aux stations à postes multiples. Par convention nous dirons qu'une station de machine-outil $M = \langle m_0, m_1 \dots m_N \rangle$ est à l'arrêt si et seulement si chacun des postes m_i est à l'arrêt. Le terme 'arrêt partiel' est utilisé lorsque seul un nombre k ; $1 \leq k \leq N$ de postes m_i de la station sont en opération de fabrication.

V.2.2.1. - Signaux de contrôle

L'évolution de certains signaux d'entrées du terminal est particulièrement important pour la surveillance. C'est le cas de deux signaux suivants :

Machine sous tension (MST) : La mise sous tension de la machine n'implique pas forcément qu'elle sera opérationnelle. En effet, la connaissance de l'état de ce signal permet de faire un bilan de la consommation d'énergie.

Contrôle cycle (CC) : Avant la mise sous tension, CC est au niveau logique 0, (\overline{CC}) pour toutes les machines. Le passage de CC à 1 est utilisé pour déterminer le type de cycle en cours :

$$\overline{CC} . \overline{DCY} \rightarrow DIS \rightarrow T (DIS)$$

$$\overline{CC} . DCY . \overline{CO} \rightarrow T (RG)$$

CC au niveau 0 indique que le cycle n'a pas eu lieu.

Les relations logiques entre les signaux étudiés ci-dessous sont des conditions pratiques permettant de suivre, ainsi que de contrôler le bon fonctionnement de la machine-outil.

V.2.3. - Programme de suivi relatif à une sous tâche d'usinage

Rappelons que le problème posé est le suivi d'un processus automatisé. (usinage des pièces) fonctionnant dans un certain environnement). D'ailleurs, on a vu que ce processus peut être représenté par un réseau de deux sous-systèmes synchronisé. La tâche du système que nous étudions est précisément la surveillance du déroulement normal des opérations qui définissent les j sous-tâches auxquelles correspondent les sous-programmes de synchronisation SP_j (cf figure).

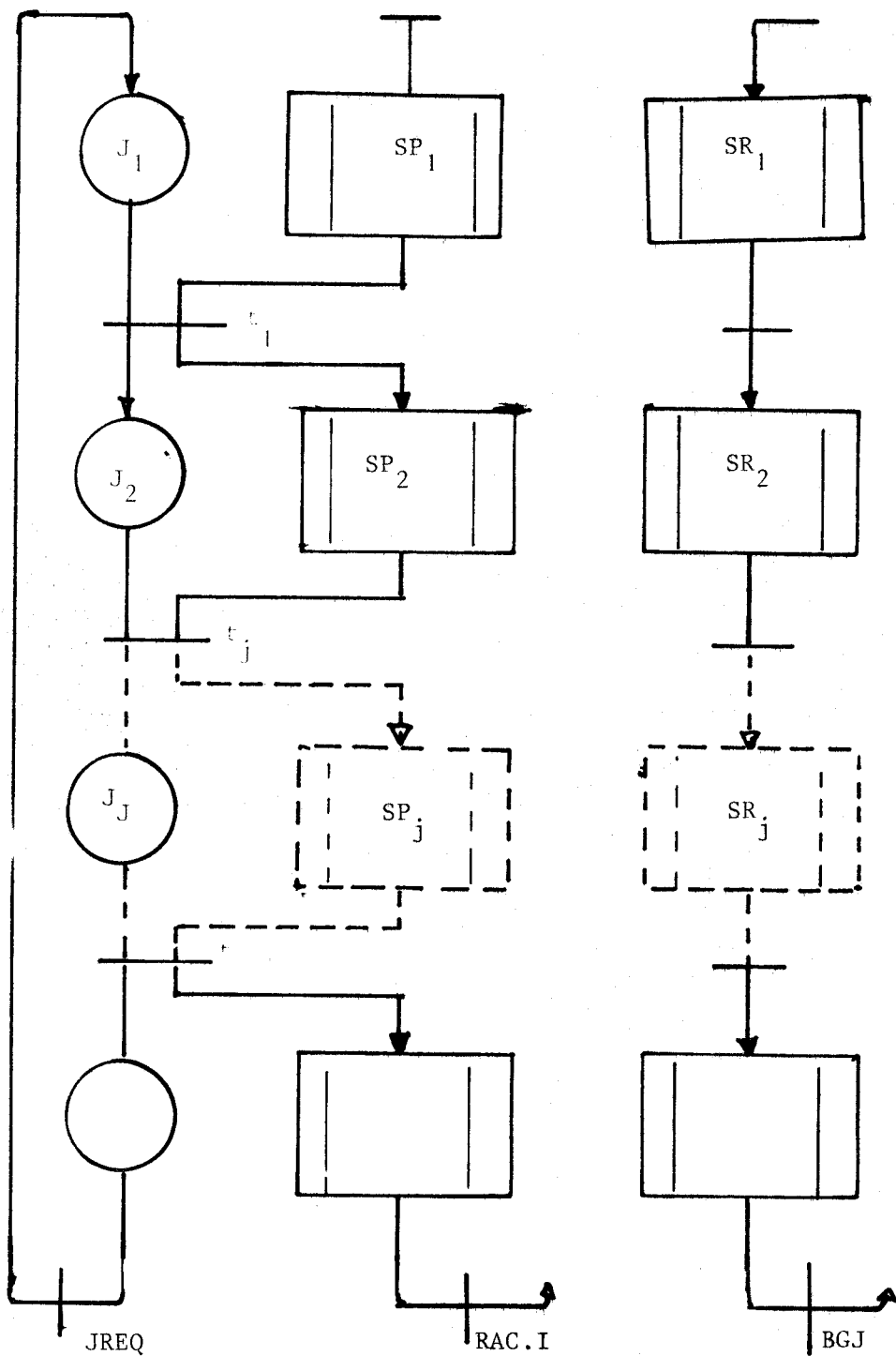


Figure 5.3



En principe, seul un certain sous-ensemble Q de l'ensemble des états théoriquement accessibles Q_T du couple (PII) est d'une importance pratique de sorte que la surveillance est relative aux états $q \in Q$. Ces derniers états sont, soit explicitement, soit implicitement mentionnés par le cahier des charges du système de suivi.

V.2.4. - Implications des contraintes temps-réel

Comme nous l'avons vu, à chaque sous-tâche j spécifiée dans le cahier des charges correspond un sous-programme SR_j du système de surveillance.

Considérons le fonctionnement en continu (ex : marche automatique) de la machine-outil représentée par le graphe de la figure 5.2. Celle-ci indique qu'afin de réaliser une suivie en temps-réel, c'est-à-dire en évitant la création de files d'attente, un minimum de temps doit être alloué à chaque sous-programme de surveillance. L'initialisation d'un tel programme se fait par interruption.

Pour ne pas perdre de l'information, il est indispensable que le processeur soit toujours disponible pour servir l'interruption. Ceci n'est cependant possible que sous réserve des certaines conditions. En effet nous avons ici un phénomène d'attente. En général le processeur a une période d'occupation variable qui dépend des sous-programmes à traiter. Lorsque cette période devient trop importante il y a création d'une file d'attente qui pourrait croître infiniment avec le temps. Un des impératifs du système d'acquisition et traitement temps-réel est d'empêcher une telle génération de file d'attente. Ce temps d'attente est une variable aléatoire et sa prise en compte par le processeur nécessite quelques remarques.

Supposons, par exemple, que la fréquence moyenne d'arrivée des évènements est f_e et que le temps moyen alloué au processeur pour effectuer un sous-programme est T_a . Dans ces hypothèses, on pourra éviter une génération de file d'attente, en imposant à T_a la restriction $f_e < 1/T_a < 1/T_{\min}$ où T_{\min} est le temps minimum alloué à un sous-programme.

En effet plus on diminue T_a , plus fidèle sera l'image du processus donnée par le système d'acquisition (on pourrait penser au théorème de Shannon). Le mode de calcul étant numérique, nous voyons que $T > T_c$, si T_c désigne le temps d'exécution d'une microinstruction (de l'ordre 10 microsecondes). En effet après une interruption le microprocesseur décodera, exécutera le sous-programme correspondant qui est toujours un certain multiple entier des microinstructions, d'où $T_a = m T_c$, où $m \in \mathbb{N}$.

L'optimisation des sous-programmes en microprogrammation / HUS /, / BOU / / FLY / fait l'objet d'un certain nombre de travaux tel que / MAN /, / RED /, / JUM /.

Remarques

=====

La notion même de surveillance exige avant tout que la discernabilité de certains aspects du système soit assurée. De ce fait, l'observabilité est une condition nécessaire pour la surveillance du processus.

Signalons toutefois qu'en pratique, seuls un certain nombre de capteurs sont disposés à la sortie du processus pour matérialiser l'observation. D'autre part, si le processus ou poste (P, π) est identifiable, il n'en est pas forcément de même pour un système formé d'une interconnection de plusieurs postes dans un environnement mal déterminé. On voit ici un facteur qui peut compromettre la tâche de surveillance (information non adéquate).

V.3 - STRUCTURE HARDWARE DU TERMINAL

V.3.1. - Interface d'acquisition

Du point de vue hardware le système global est divisé en trois sous-systèmes S_1 , S_2 et S_3 . S_1 et S_2 forment les interfaces d'acquisition.

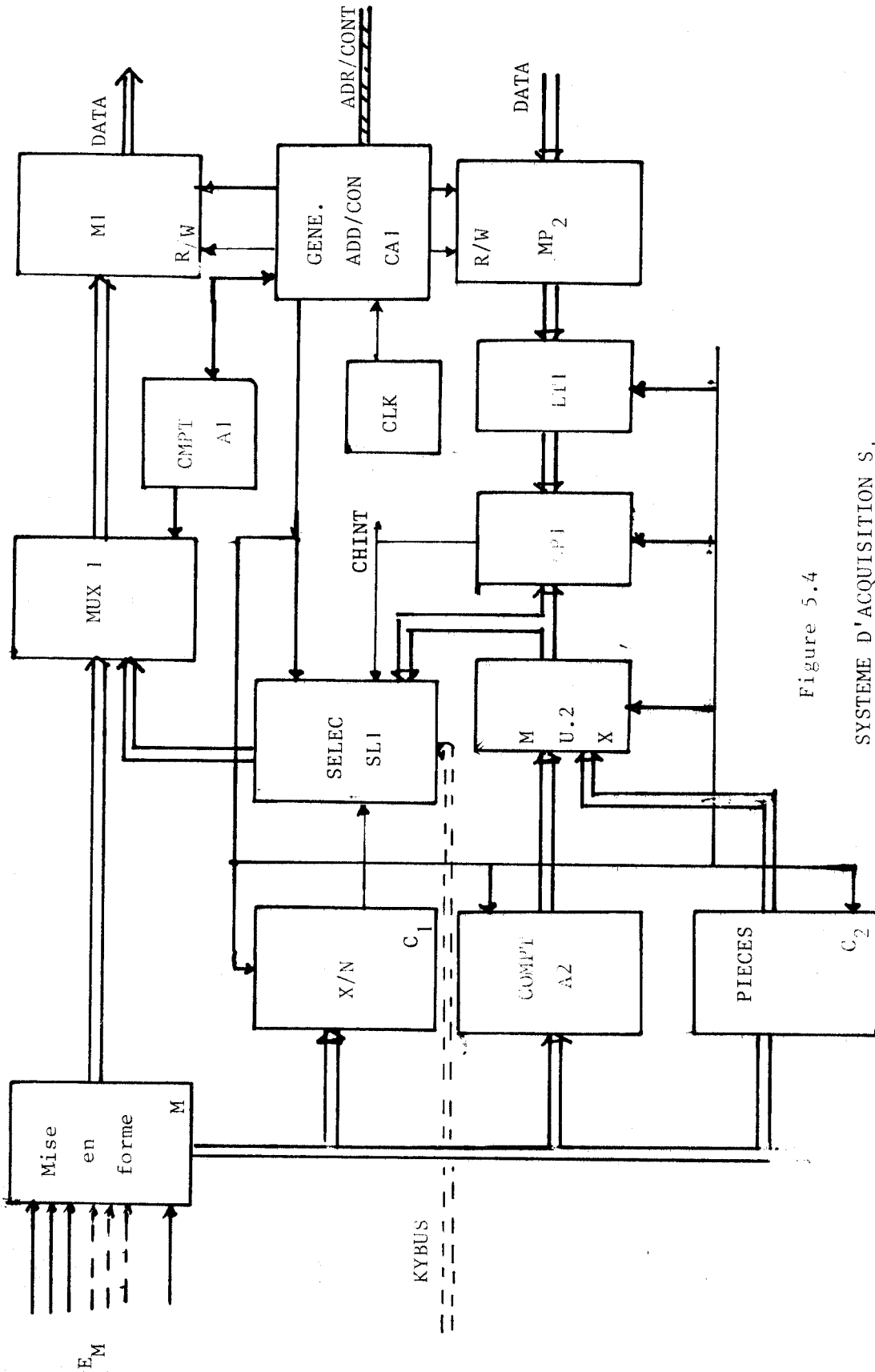


Figure 5.4
SYSTEME D'ACQUISITION S1



des informations provenant des machines et des opérateurs. En particulier, S_2 réalise la fonction de transmission des informations qui intéressent l'opérateur.

V.3.1.1. - Sous-système S_1

La figure 5.4 donne le schéma du sous-système S_1 . Comme l'indique cette figure, les signaux issus de l'armoire d'automatisme sont mis en forme et multiplexés avant leur mémorisation en mémoire tampon M1. Les éléments C_1 , C_2 sont respectivement, compteurs de temporisation des alarmes, et compteurs de pièces.

Un dispositif de comparaison composé d'un comparateur CP1 et d'un multiplexeur MUX 2 suivi d'un latch permet de déterminer par comparaison la charnière atteinte. A cet effet, MP2 sert de mémoire tampon pour les valeurs de charnière maximum des différentes classes de machines-outils suivies par le terminal.

La sélection des éléments et le contrôle des opérations dans cette partie du système est réalisée par un décodeur d'adresses CA1 qui est connecté au bus d'adresse et de contrôle ADR/CONT du microprocesseur.

Notons que l'utilisation d'une mémoire à double accès (ex AM 29704-5) pour la réalisation de M1 simplifiera considérablement la logique de CA1.

V.3.1.2. - Sous-système S_2

Le sous-système S_2 représenté à la figure 5.5 comporte des éléments permettant à l'opérateur de dialoguer avec le reste du système d'assistance de fabrication; en particulier, un clavier KY comportant des circuits de codage des informations permettant la mise en forme des messages transmis par l'opérateur.

Le contrôle de lecture par les microprocesseurs des informations issues du clavier est assuré par CT1.

Les informations destinées à l'opérateur et à l'armoire d'automatisme transitent par une mémoire tampon M2. La sélection des informations, soit vers le registre de commande RM de la machine-outil, soit vers la logique d'affichage AFOP, est réalisée par le sélecteur MUX3 qui est adressable par le décodeur d'adresses local CA2.

Les messages envoyés par l'opérateur sont mémorisés dans KYBUF et sont transmis vers SL1 et éventuellement vers M1 après la génération d'une interruption KYBINT par CT1.

V.4 - FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

V.4.1. - Les fonctions assurées par le système

L'étude des réalisations employant des circuits intégrés (LSI) a permis de vérifier le comportement des parties essentielles du système.

Les trois fonctions principales réalisées sont :

Acquisition : des informations en provenance des machines-outils,
=====
des informations introduites de façon manuelle au moyen d'un clavier, des informations transmises du calculateur B_K correspondant. Le système permet la possibilité d'échanges avec une télétype.

Traitement : des informations collectées au moyen d'un logiciel conçu
=====
pour respecter les spécifications du cahier des charges (cf IV).

Transmission : des résultats du traitement avec différentes parties du
=====
réseau du système d'assistance de fabrication (parties mentionnées dans la phase d'acquisition).

Dans le paragraphe suivant, nous allons examiner brièvement le fonctionnement du point de vue matériel des unités logiques du terminal qui permettent d'assurer les trois sous-tâches énoncées ci-dessus.

V.4.2. - Bloc d'acquisition des informations

Les informations pré-conditionnées contenues dans E_M et E_O sont multiplexées par MUX 1 et mémorisées en M_1 . Cette opération est effectuée sans le contrôle de CA1 qui permet la mise à jour périodique des informations contenues dans M_1 .

L'étude détaillée du traitement de ces informations (voir VI) nous a conduit à choisir une période de mise à jour de 2 ms avec une capacité de 8 octets pour M_1 . En effet, lors de la simulation de cette partie du système, M_1 a été réalisée par 4 registres de 8 bits. Un compteur (UP/DOWN SYN) permet de connaître le nombre de mots lus ou écrits dans M_1 .

Une lecture décrimente le compteur, tandis qu'une écriture l'incrimente. Lors d'une lecture par le processeur, le processeur de mise à jour est brièvement interrompu. En effet, nous avons ici un cas de conflit d'accès à une ressource commune M_1 .

V.4.2.1. - Bloc des compteurs

V.4.2.1.1. - Compteur de cycle

Lors de la simulation, ce compteur a été réalisé par un diviseur de fréquence qui génère les trois alarmes de cycles : CYL, CYD et CYTL, spécifiés dans le cahier des charges.

Notons que seul un cycle effectif est compté, dès lors l'entrée du compteur est CC.DCY.

D'autre part, la mise à zéro du compteur peut être effectuée, soit par l'arrivée de l'évènement FCY, soit par un signal envoyé par le processeur.

Pour que les trois points de consigne puissent être modifiés, il est souhaitable que le compteur soit programmable. Il existe de tels compteurs sur le marché.

V.4.2.1.2. - Compteurs de pièces

=====

Le bloc de compteurs de pièces comprend autant de compteurs qu'il y a de types différents de pièces usinées par le poste auquel est affecté le terminal.

La remise à zéro ne peut être effectuée que sans le contrôle du processeur.

V.4.3. - Bloc de comparaison de charnières

Ce bloc est formé du multiplexeur MUX 2, du comparateur CP1 et de la mémoire vive MP2 munie d'un LATCH.

Dans l'hypothèse où la valeur de la charnière d'un outil est représentative de sa classe, la détermination de la valeur de la charnière atteinte par le bloc de comparaison est effectuée de la manière suivante :

- dans MP2, les seuils sont rangés de manière à vérifier

$$L_{qp}^k < L_{q'p}^k, \forall k, \quad q < q' < g_p, g_p \in N$$

Pour déterminer la valeur atteinte, relative au $q^{i\text{ème}}$ seuil, à la fin du $J^{i\text{ème}}$ cycle d'usinage, pour la $k^{i\text{ème}}$ classe, on peut comparer

$$N_p^k \text{ avec } L_{qp}^k.$$

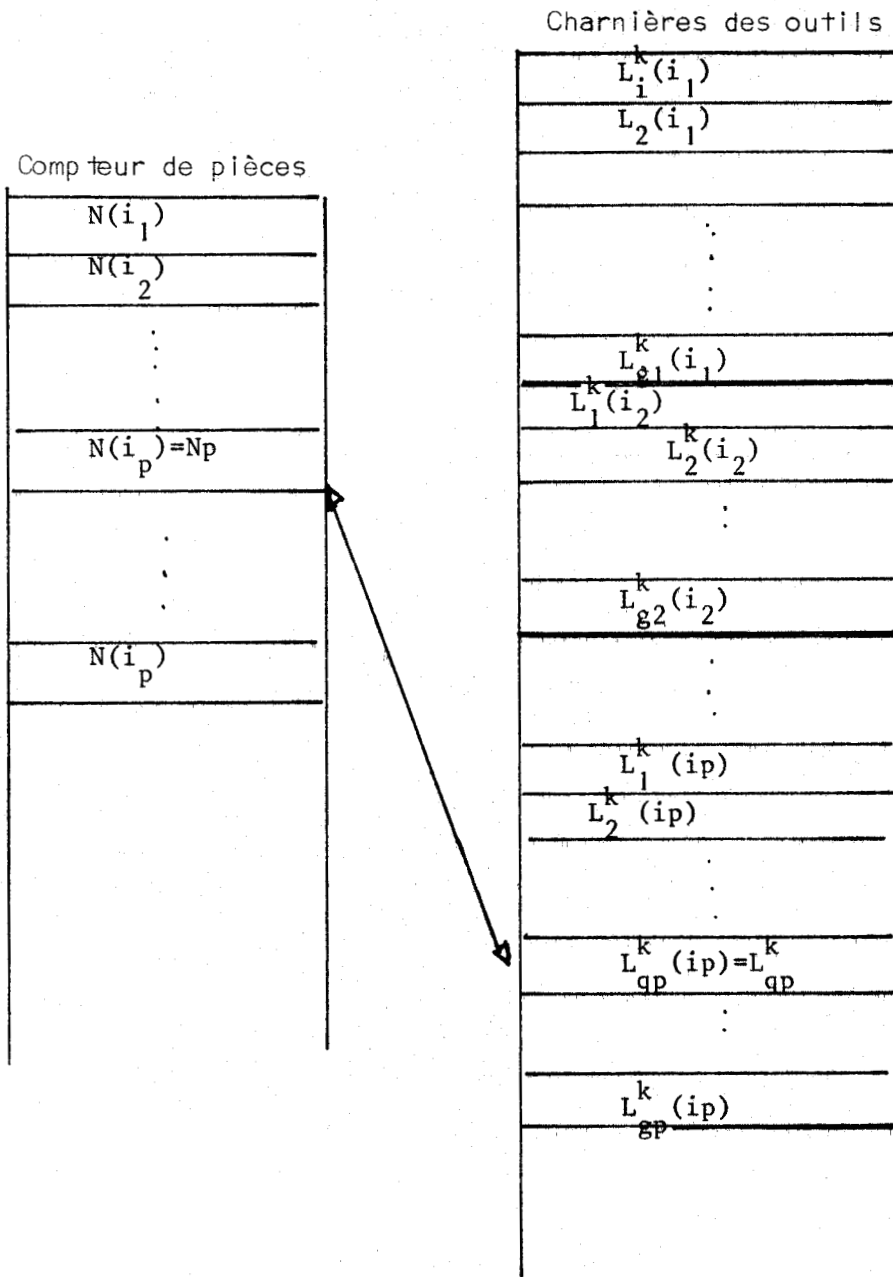


Figure 5.6

Logique de comparaison des charnières.



Cette comparaison peut s'effectuer d'une façon cyclique. Si $N_p^k < L_{qp}^k$ le seuil considéré n'est pas atteint, il n'y aura pas une émission d'alarme. Dans le cas contraire, l'opérateur sera informé et procédera au remplacement d'outil.

Dans le cas où la charnière considérée est du type linéaire, un simple rapport de deux valeurs N_p^k et L_{qp}^k représente la valeur atteinte, et la charnière restante est déduite par extrapolation. Le temps qui reste avant que cette valeur soit atteinte, peut être estimé en se fondant sur le fait qu'une pièce i_p est usinée en un temps T (CY) du poste considéré.

Dans le cas spécifié par le cahier des charges, seuls deux seuils sont considérés pour une classe k, ce sont :

$$L_{1p}^k \hat{=} 80\%$$

$$L_{2p}^k \hat{=} 100\%$$

Nous avons choisi la comparaison cyclique par hardware au lieu d'une solution logicielle. En effet, les tableaux 1 et 2 peuvent être bien longs dans le cas où le poste usine un nombre élevé de pièces au moyen d'un grand nombre d'outils dont chacun est représenté d'une façon unique par un nombre important de seuils. La surveillance des charnières par un logiciel va à l'encontre de notre but de minimisation de mémoire et de temps de traitement au niveau du terminal A_{ki} . Comme nous verrons plus loin, le système permet néanmoins une détermination rapide par programme d'une charnière.

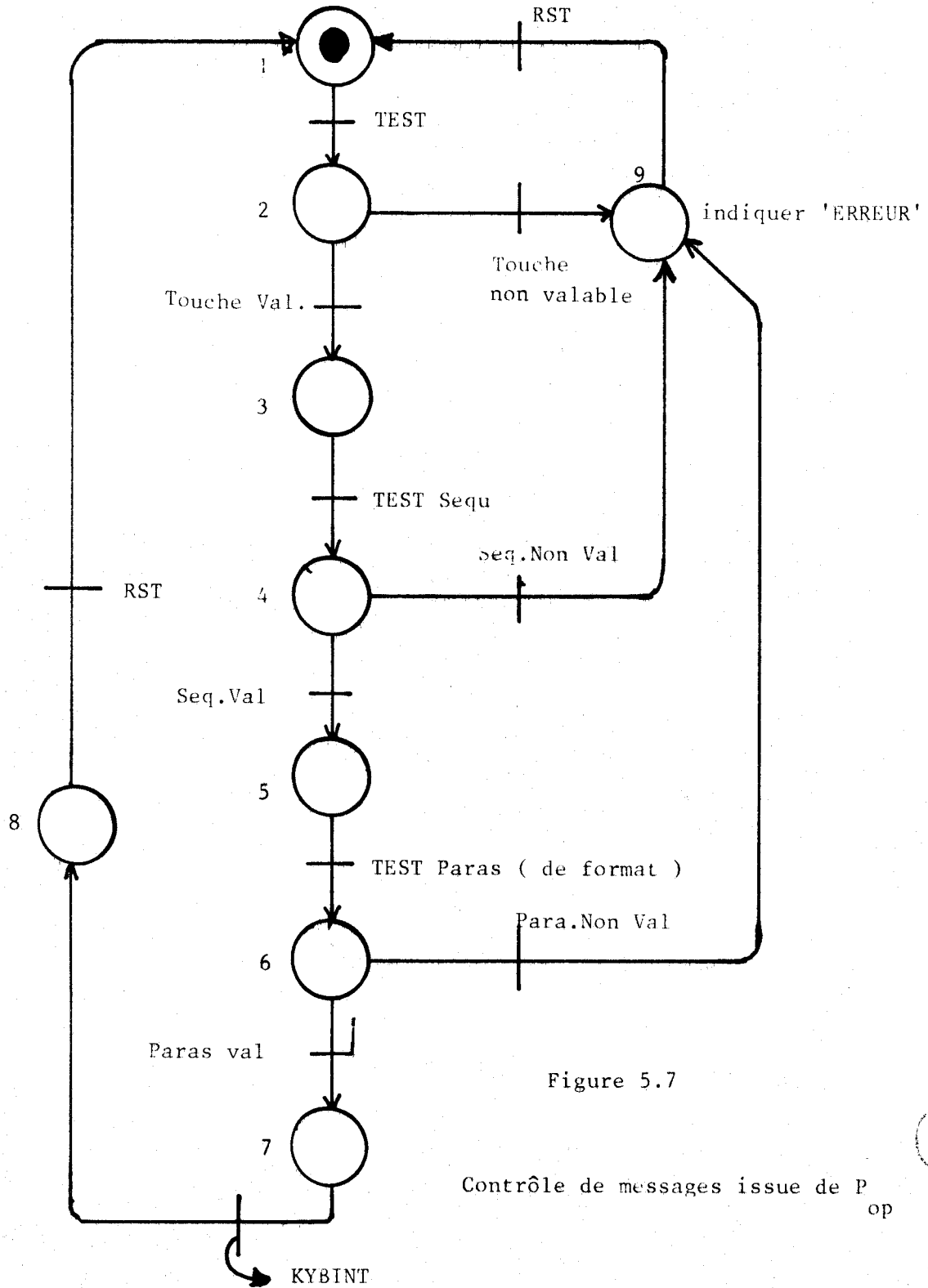


Figure 5.7

Contrôle de messages issue de P op



{ indique Mes.Val (op)
KYBINT pour processeur

V.5 - SYSTEME DE DIALOGUE OPERATEUR

L'aspect matériel du panneau avant sera détaillé plus loin. Ce panneau comprend un clavier simple et des dispositifs d'affichage lumineux. L'opérateur et le chef d'équipe disposent de cette façon d'un moyen de dialogue avec le reste du système d'assistance de fabrication.

V.5.1. - Clavier

Les unités logiques qui assurent le fonctionnement du clavier ont été décrites au § 3.1.2. La figure 5.7 montre les séquences d'actions effectuées pour le contrôle d'un message de l'opérateur.

Il ressort de cette figure que le message issu du clavier ne sera pris en compte par le processeur que lorsqu'il sera valable. La validation du message est suivie de l'envoi par l'unité de contrôle de message CA2, d'un signal KYBINT vers le processeur. Tout message illégal sera signalé à l'opérateur par le moyen d'affichage lumineux assuré par l'ensemble logique que nous allons brièvement décrire.

V.5.2. - Logique d'affichage

Les messages destinés à l'opérateur ou au registre de commande de la machine-outil sont mémorisés en M2.

MUX 3 permet d'envoyer le message soit vers la logique de commande des éléments d'affichage AFOP, soit vers le bas.

Le module AFOP comporte une unité de décodage pour LED à sept segments ainsi qu'un circuit permettant de commander des feux à deux fréquences différentes.

V.5.3. - Signaux d'interruption

Certains évènements provoquent une interruption au niveau du processeur, ce sont :

KYBINT : Ce signal est généré chaque fois qu'il y a un message
===== valable dans le buffer des messages KYBUS, en provenance du clavier de l'opérateur.

CYTINT : Pour la surveillance des cycles, le temps d'un cycle
===== est compté par un système de compteurs permettant de signaler les valeurs de consigne $N_1(CY)$, $N_2(CY)$ et $N_3(CY)$, correspondant respectivement aux alarmes, cycle long (CYL), cycle double (CYD) et cycle trop long ou anormal (CYTL).

CHINT : Le comparateur génère ce signal lorsque la charnière
===== d'une classe d'outil est atteinte à 100%.

Le signal logique $INT = KYBINT + CYTINT + CHINT$ est appliqué à l'unité de contrôle CA1. Le passage à 1 de ce signal entraîne la séquence suivante :

- 1 - attente jusqu'au début des multiplexages suivant de E_M , lire N
- 2 - ouvrir les latches L1 et L2 et de crémenter N
- 3 - écrire mémoriser INT et E_M dans M_1 test N
- 4 - reprendre à 1 si N = 0
- 5 - réarmer INT; RESET, INT.

De cette façon, le processeur après le décodage du message suivant, dans M_1 , va pouvoir traiter l'interruption selon un protocole détaillé plus loin.

.../...

V.5.4. - Bloc d'échanges avec le niveau L2

L'échange entre le terminal A_{ki} et le processeur B_k du niveau L2 se fait toutes les 200 ms, par l'intermédiaire de l'UART. La liaison du terminal A_{ki} au calculateur B_k correspondant est détaillée en (FIT).

Dans chaque échange, deux messages sont transmis vers le niveau supérieur. Le terminal A_{ki} reçoit un message dont la longueur est limitée par la vitesse de transmission :

$8l/b < 200$ ms, où l est la longueur du message en octets, et b la vitesse de transmission en bande .

V.5.4.1. - Modalité d'échanges

Tout échange entre A_{ki} et B_k se décompose en trois phases :

- initialisation
- transmission ou réception
- validation de l'échange

Il y a lieu de répéter un message éronné. Dans le cas où A_{ki} ne répond pas, suite à 2 scrutations (400 ms). Cet incident donnera lieu à une alarme qui sera transmise à l'assistance de fabrication au niveau L3.

Du côté du processeur Π_{ki} du terminal, l'échange avec l'USART est rendu possible par la réalisation présentée à la figure 5.8.

Ici encore, nous avons un problème de conflit dû à l'accès d'une ressource commune / ELI /, / LER /. La table résume les opérations à respecter.

	Ressources		Communes	
Module	MA1		MA2	
	:		:	
	:		:	
processeur	:	écriture	:	lecture
	:		:	
USART	:	Lecture	:	Ecriture
	:		:	

La solution complète de ce conflit exige l'exclusion de la lecture ou de l'écriture simultanée d'un même bloc mémoire. L'utilisation d'un semaphore MUTEX / PET /ou d'un module d'arbitrage / PLU /, / PAT / permet d'obtenir une solution. Ici, le processeur est prioritaire . De ce fait, le circuit d'arbitrage doit simplement n'autoriser qu'une seule opération (lecture ou écriture) par ressource et par accès.

V.5.4.2. - Liaison télétipe

La possibilité de l'adjonction d'une télétipe au terminal A_{ki} a été également examinée. Afin de ne pas perturber le fonctionnement décrit plus haut, cette liaison se fera pas l'intermédiaire de l'USART. Dans ce cas il faudra augmenter la capacité des mémoires MA1 et MA2.

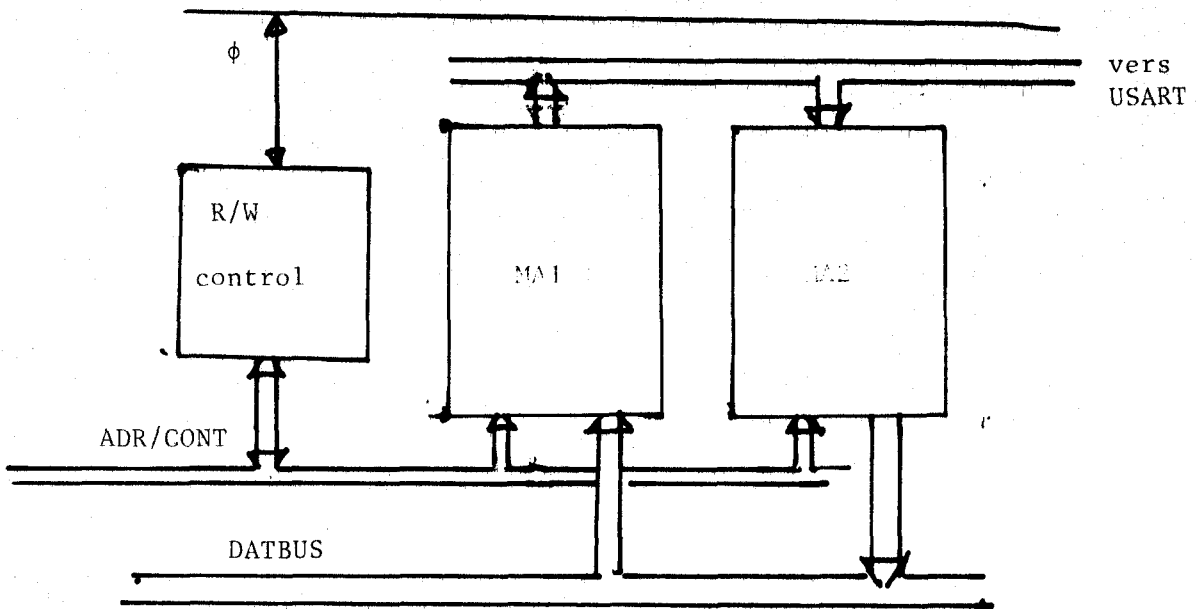


Figure 5.8
Interfaces d'échanges (A_{ki} , B_K)

V.6 - CONFIGURATION GENERALE DU TERMINAL A_{ki}

Le schéma général du terminal est donné à la figure 5.9. L'étude expérimentale du système ainsi constitué, a été effectuée au moyen d'un microprocesseur SC/MP II dont les caractéristiques sont données en / NS /. Au cours de ces études le module (E/S) a été réalisé par une porte d'entrée/sortie programmable sous forme d'un circuit intégré (ISP - 8 A/650 N) de national semi-conductor . Ce circuit comporte deux portes, chacune de 8 bits avec RAM de 128 octets.

V.7 - AMELIORATION DE LA FIABILITE DU SYSTEME

Du point de vue performance, la fiabilité du terminal A_{ki} peut être considérablement améliorée en incluant des caractéristiques tels que :

- le contrôle périodique des unités fonctionnelles, y compris tous les modules de mémoire.

.../...

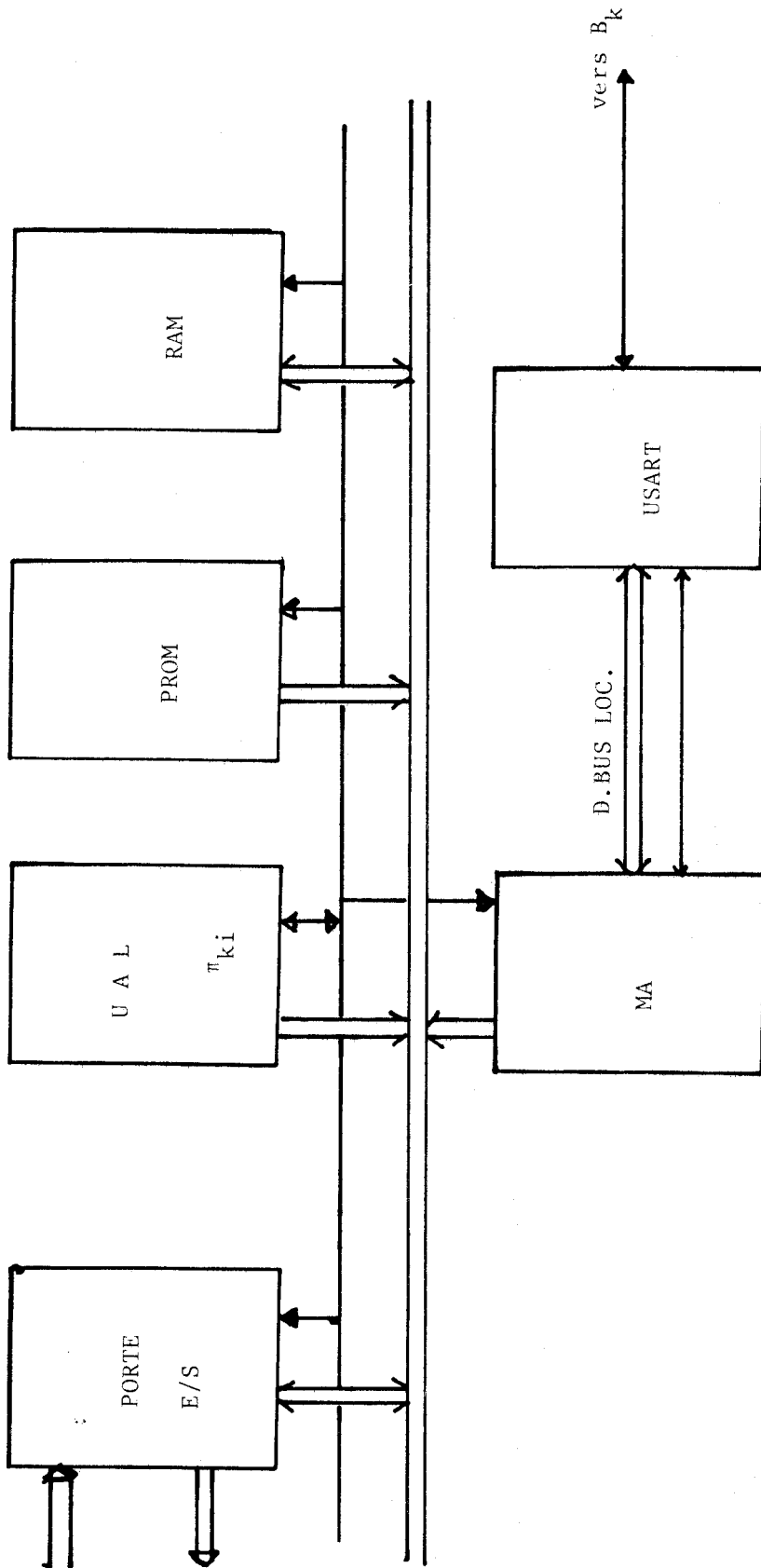


Figure . Configuration du terminal



- la vérification de l'intégrité des mémoires mortes au moyen des octets CHECKSUM.

Cette disposition permettra de détecter :

- . les modules hors fonctionnement, y compris les mémoires mortes.
- . les erreurs d'un bit
- . les erreurs d'un mot
- . la ligne d'adresse ou de données collée à 1 ou 0

V.7.1. - Coupure d'alimentation

Le système d'alimentation du terminal peut être conçu pour indiquer au processeur le début d'une coupure d'alimentation. Un logiciel de sauvegarde pourrait par la suite sauver l'état du processeur afin de permettre une reprise normale au retour d'alimentation.

V.8 - PRINCIPE DU TRAITEMENT

V.8.1. - Prise en compte des informations

Il est possible d'effectuer par programme une comparaison des états successifs selon la méthode citée précédemment (cf III.6.2.4)

Cependant, une telle politique au niveau du terminal A_{ki} aurait une conséquence défavorable pour la performance du terminal. Il s'agit d'une diminution substantielle de la vitesse de traitement des évènements.

Une solution hardware sera plus avantageuse car la vitesse de comparaison dans ce cas est nettement supérieure à la solution par programme. Les contraintes temps-réel favorisent donc la solution hardware.

Cependant cette solution aussi bien que celle obtenue par logiciel, constitue dans le principe même, une source de pertes d'informations de grande valeur pour des études statistiques (archivage).

C'est pour cela que nous avons opté pour la solution et que nous allons exposer.

V.8.2. - Mode de scrutation

La scrutation des messages contenus dans M1 et dans MA est périodique. Compte tenu de la précision demandée (600 ms) et les délais divers dans l'acheminement des messages, nous avons choisi une période de 100 ms.

Le signal d'interruption du cycle de traitement est généré par une horloge temps-réel et permet de réaliser la séquence des étapes représentée à la figure 5.10.

Comme l'indique la figure, le processeur après avoir masqué l'interruption (INT) et sauvé l'état du programme interrompu, va lire le message W en M1. Un décodage permet de déterminer si W contient un message en provenance du clavier de l'opérateur. Dans ce cas $KYBINT = 1$, et le processeur calculera l'adresse en PROM, du début du sous-programme correspondant au message de l'opérateur. Cette adresse dont le calcul sera détaillé plus loin, est chargée en mémoire vive. Une deuxième adresse CALL.ADR permet au processeur de se brancher sur le programme principal de traitement à la fin duquel il effectue l'échange avec la mémoire; tampon MA1.

Le message de l'opérateur est traité et le résultat lui est envoyé par une écriture en M2. Les tables dynamiques sont mises à jour et l'interruption est démasquée.

Le programme interrompu reprend, en attendant le début du cycle suivant.

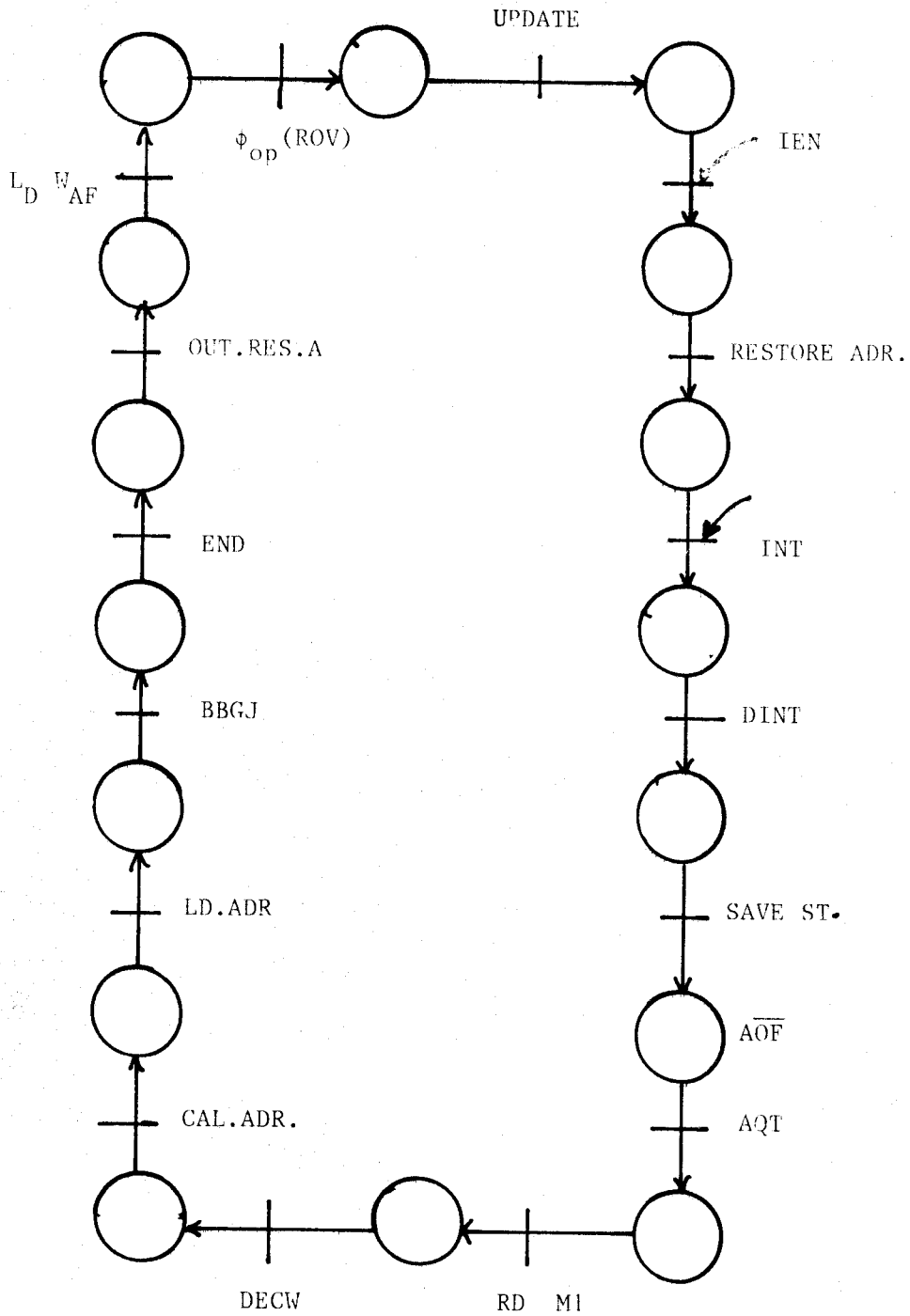


Figure 5.10
Cycle de traitement des informations



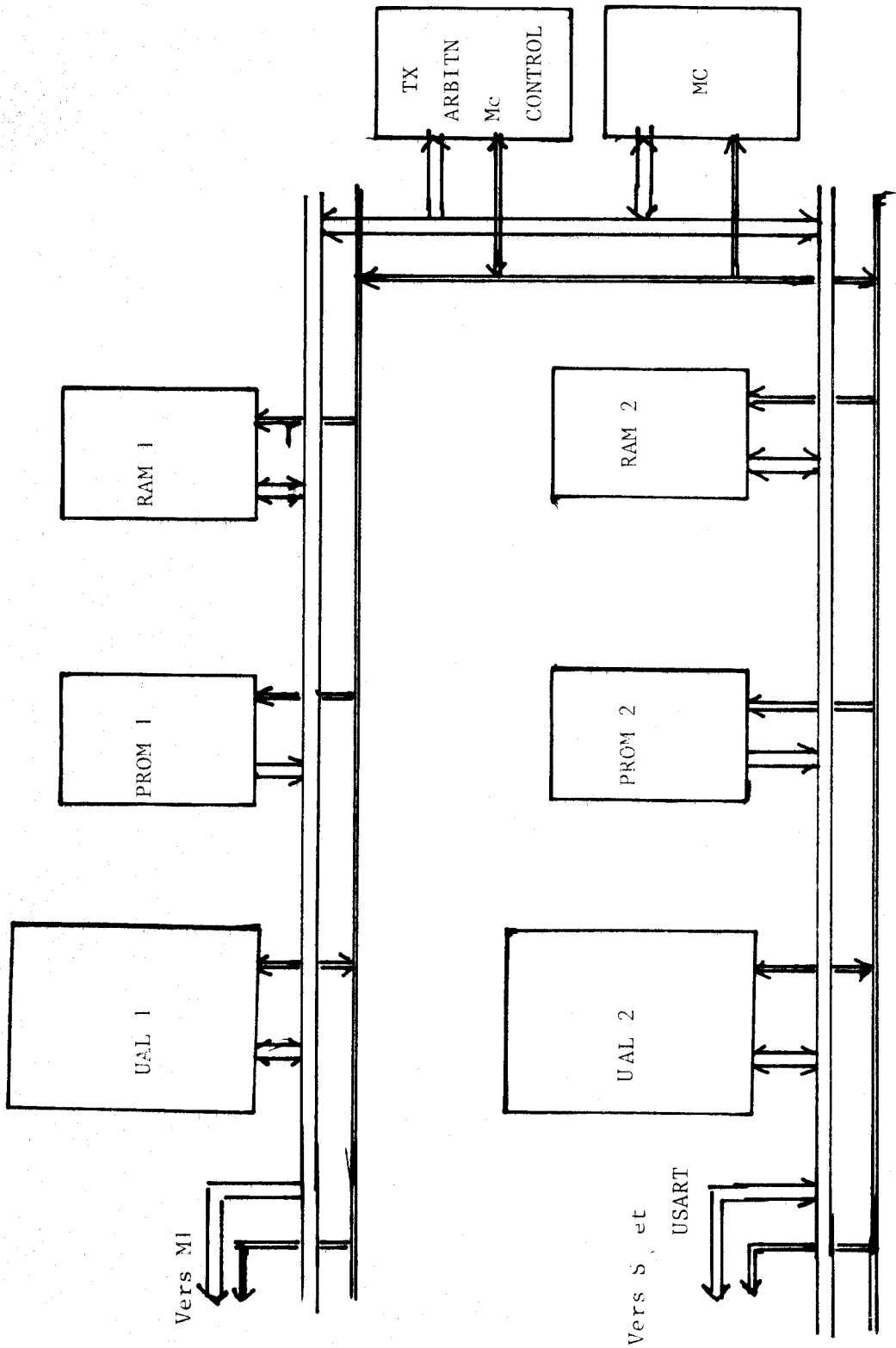


Figure 3.11 Configuration bi-processeur.



V.9 - TERMINAL MULTIPROCESSEUR

Afin d'obtenir un terminal ayant une grande disponibilité, une solution multiprocesseur peut être envisagée. En effet, nous avons examiné une telle solution dans / MAF /. La configuration de ce système bi-processeur est donnée à la figure 5.11.

Cette solution n'a pas été retenue pour les raisons relatives aux problèmes de partage de ressources, d'interruption, et de la complexité du logiciel correspondant à cette solution.

Mise à part la disponibilité élevée d'un système multiprocesseur, cette solution offre l'avantage en ce sens qu'il permettra d'améliorer considérablement les fonctions de dialogue entre le système informatique et le personnel d'exploitation local.

D'autre part, l'utilisation de deux processeurs identiques offre la possibilité, en marche dégradée, d'une reconfiguration du système.

CONCLUSION

Il est important de remarquer que le terminal est déterminé en se référant à l'évolution d'une station de machines-outils. Or, cette évolution n'est pas déterministe, tandis que le comportement du terminal, ou plus précisément du processeur, est déterminé; ceci entraîne une perte de temps pour le processeur.

En principe, la surveillance de la station de machines-outils pourra se faire en partant d'une interprétation probabiliste / ELI / du réseau de Pétri correspondant ex fig. 5.1 . Des notions sur l'optimisation de l'automate correspondant à ce réseau / MAS / pourraient ensuite aider à l'amélioration des performances du système de contrôle.

Il ressort de la description du fonctionnement du terminal que le processeur a un rôle fondamental dans toutes les phases du traitement d'un évènement. Nous avons deux contraintes antagonistes à respecter : une vitesse de traitement élevée et une souplesse considérable vis-à-vis du traitement. Nous sommes donc amenés à faire des compromis matériel/logiciel (HARDWARE / SOFTWARE TRADEOFF).

Le chapitre suivant a pour objet le logiciel qui permettra d'atteindre cet objectif.

CHAPITRE VI

ETUDE DU LOGICIEL

INTRODUCTION

Rappelons que l'une des tâches essentielles du terminal A_{ki} est de servir d'interface de dialogue au niveau local L1. Comme nous allons le voir dans ce dernier chapitre, le terminal permet à l'opérateur (OP) ou son chef d'équipe (CE) d'échanger des informations avec le personnel des niveaux L2 et L3.

D'autre part, les fonctions locales du terminal A_{ki} se ramènent à un nombre d'opérations Entrée/Sortie (E/S) que nous désignons du terme de " Transactions ".

Au moyen des transactions, nous décrivons les tâches logicielles réalisées par le terminal. Sont étudiés notamment, le codage et le traitement éventuel des messages opérateur issus du clavier (cf V.5.1) .

VI.1 - L'ORGANISATION DU LOGICIEL

VI.1.1. - Transactions

Désignons par $G = \{ G_i \}$ l'ensemble des portes d'entrées/sorties (E/S) du terminal.

A chaque porte p_i est un point d'entrée d'un certain nombre de transactions définies par l'ensemble $\theta_{G_i} = \{ \theta_i \}$; c'est un sous-ensemble de F_θ , l'ensemble de toutes les transactions que peut effectuer le terminal.

Pour tout $\theta_i \in \theta_{G_i}$, on a :

$$i) \quad \theta_i = (\theta_i^e; \theta_i^r; \theta_i^s), \text{ où relativement à } \theta_i$$

θ_i^e : phase d'entrée (lecture d'entrée, décodage)

θ_i^r : phase de traitement (accès à une table des données et exécution des instructions)

θ_i^s : phase de sortie (préparation d'un message de sortie)

$$ii) \quad \sigma(\theta_i) = \sum_j \sigma_{ij} \cdot G_j \text{ où } \sigma \text{ est une fonction d'accès des modules de sortie définissant les coefficients:}$$

σ_{ij} : nombre de fois où G_j est sollicité par la

transaction θ_i .

Notons que la fonction σ que peut être généralisée pour inclure toutes les ressources du système dépend de la configuration de ce système. De ce fait, elle peut être utilisée pour la détection des anomalies de fonctionnement du système. Pour le terminal A_{ki} , le tableau donne la valeur de σ pour des transactions initialisées par l'opérateur.

$\theta_{OP} \backslash \sigma$	G_M	G_{AF}	G_{OP}	G_{CM}	σ
RDES	0	1	2	0	3
RSAT	0	1	2	0	3
PAN					
RG					
CO					
MP	0	1	2	1	≤ 4
DIS					
AM					
MCAL	0	0	2	1	3
CHA					
CTPI	0	X	2	0	≤ 3

Tableau 6 .1

VI.1.2. - Codage des transactions issues du clavier

Nous admettons qu'une transaction θ_i s'identifie à un des quatre types suivants :

- urgence ou ordre
- réquisition ou demande
- rapport
- divers



En ce qui concerne le personnel au niveau L1, plus particulièrement l'opérateur des machines, chaque type de transactions peut porter sur :

- une pièce
- un outil
- un état de la machine
- un état de l'environnement (personnel d'exploitation)

Les tableaux 6.2 et 6.3 résument les constatations précédentes. Les couples ordonnées (F_1 , F_2) représentent donc chacun, une partie d'un message issu du clavier de l'opérateur.

En effet, la logique du clavier utilise les fonctions F_1 et F_2 pour faire suite aux transactions initialisées par l'opérateur. A ce propos, le message validé dans KYBUF a le format représenté dans le tableau.

Ce message codé sur 2 octets comporte outre F_1 et F_2 , des valeurs C_1 et C_2 pour l'identification des objets dans la transaction associée au message.

Code F_1	Type de transaction	Symbole
00	Urgence	URG
01	Réquisition	REQ
10	Rapport	RAP
11	---	-

Tableau 6.2

C_1	$F_1.F_2$
C_2	n° de poste

Figure 6.1

Code F_2	Objet de la transaction	Symbole
00	Pièce	I
01	Outil	U
10	Etat machine	Q_M
11	Etat personnel	Q_P

Tableau 6.3

L'information " N° de POSTE " sera de grande valeur pour la détermination de l'identité des messages concernant le personnel et introduit par lui-même. Cette information est cependant, redondante pour un message ayant pour objet Q_M , I ou U.

Dans un tel message, on utilisera les bits non utilisés pour préciser la valeur numérique associée à l'objet de transaction. Par exemple, pour une pièce, les deux valeurs $N_p(I)$ et $N_{p0}(I)$, respectivement, quantité produite et quantité restant à produire, sont possibles.

Rappelons que les deux messages W_M et W_{OP} , respectivement issu de l'armoire d'automatisme ou émis par l'opérateur sont mémorisés ensemble en M2. Le tableau 6.4 donne le format de W_M

VI.1.2.1. - Décodage partiel du message W_{OP}

Après la scrutation du message dans M2, le processeur exécute le programme (C A.12) qui a pour but la détermination en PROM de l'adresse du début du programme de traitement. Le décodage est partiel, en ce sens que seules les valeurs des fonctions F_1 et F_2 sont décodées. Afin de diminuer le temps pris par le processeur pour effectuer cette opération, les débuts des adresses de sous-programmes peuvent être disposés comme l'indique la figure 6.2 .

VI.1.2.2. - Traitement du message

Après décodage et branchement à l'adresse du début, le programme de traitement va accéder à un certain nombre de tables dynamiques afin d'y retirer des données. Le tableau donne l'aspect de ces tables qui forment l'ensemble : $D = \{ \Delta_1 \Delta_2 \dots \Delta_d \}$ de N . Lorsque d est élevé, la gestion de ces segments devient un problème complexe et requiert un programme spécial pour le résoudre. / DEL / , / JUM / , / ALL /.

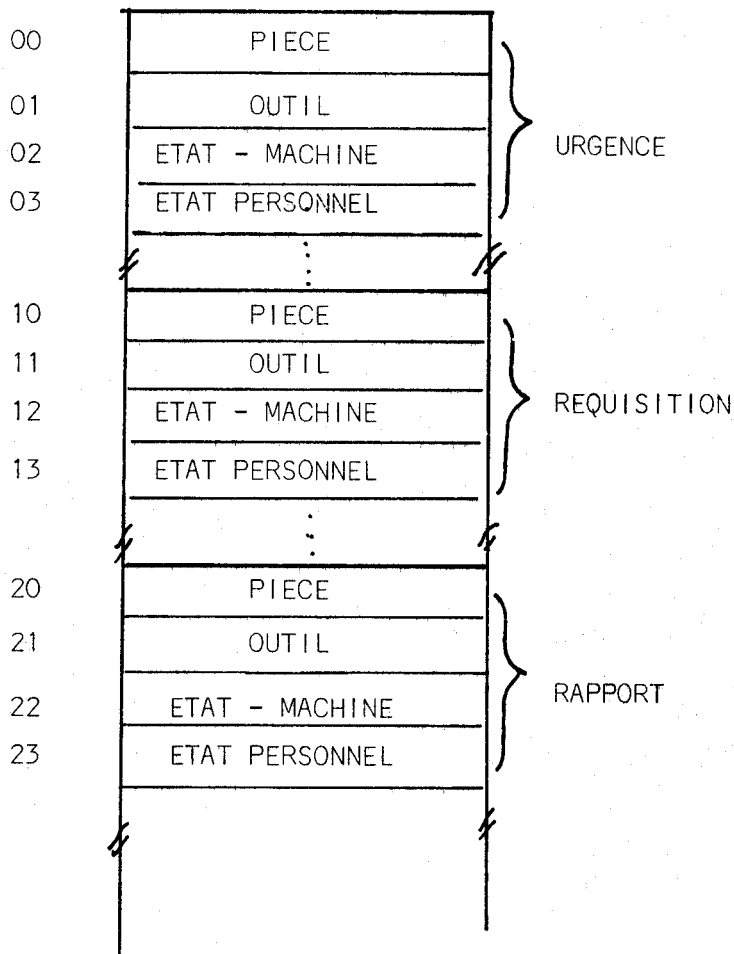


Figure 6.2



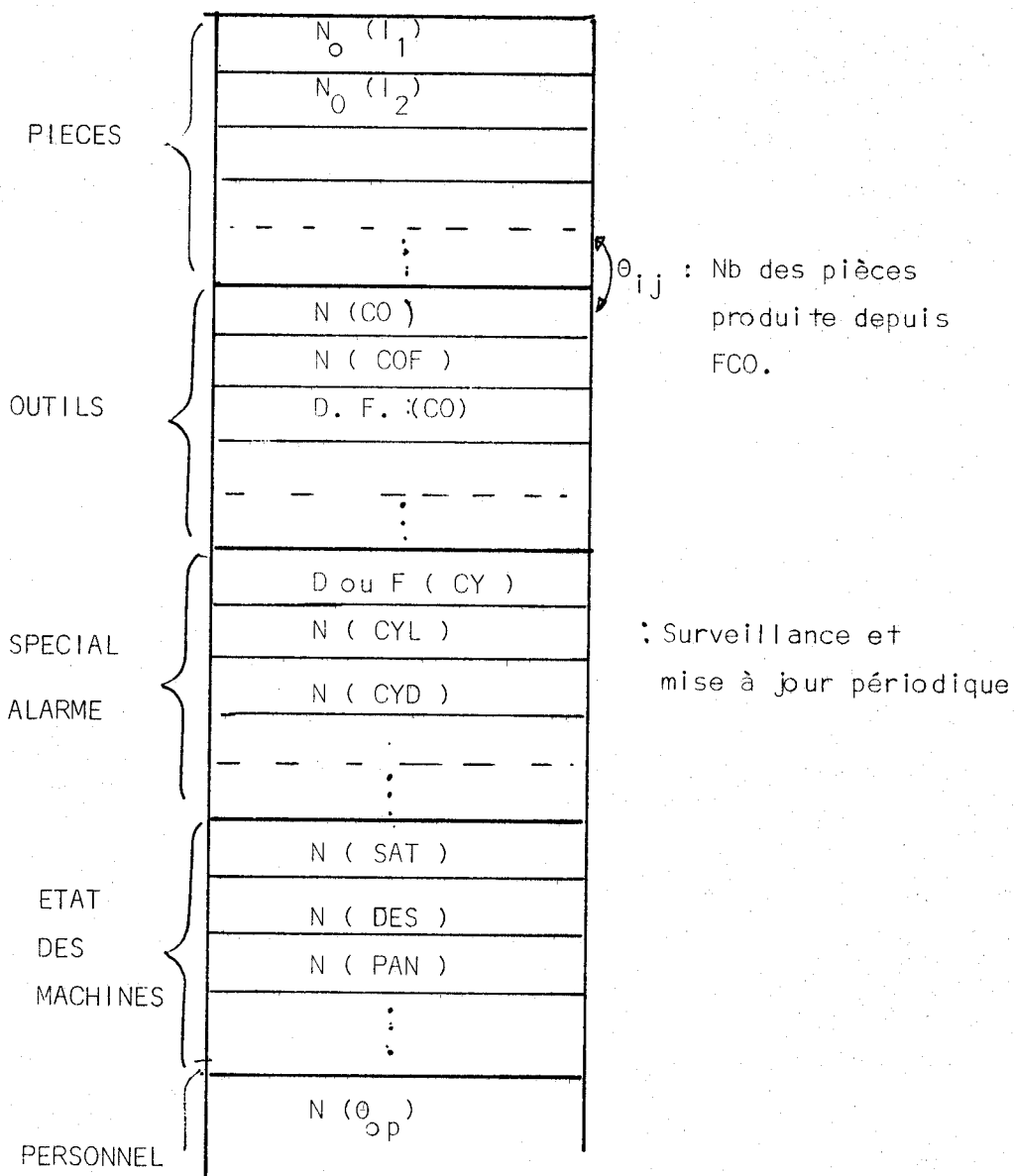


Figure 6.3
Organisation des tables dynamiques.

VI.1.3. - Description du panneau avant du terminal

La figure 6.4 donne le schéma du panneau avant du terminal.
On y trouve les éléments :

- (1) Voyant d'autorisation de cycle; allumé si RAC = 1, éteint sinon.
- (2) Témoin des charnières d'outil; clignotant lorsqu'une charnière est atteinte à 80%, et demeure fixe à 100%.
- (3) Rangée de six afficheurs LED; offrent un moyen de fournir à l'opérateur des informations nécessaires à la surveillance des machines (cf V.1)
Ces informations comprennent les réponses à ses transactions.

Les touches de la partie inférieure du panneau offrent à l'opérateur ou au chef d'équipe un moyen simple et efficace d'initialiser les transactions $\theta_i \in \theta_0$. Tous les types de transactions définis précédemment (cf § 1.2) sont réalisables grâce aux éléments suivants :

.../...

PANNEAU AVANT DU TERMINAL A_{ki}

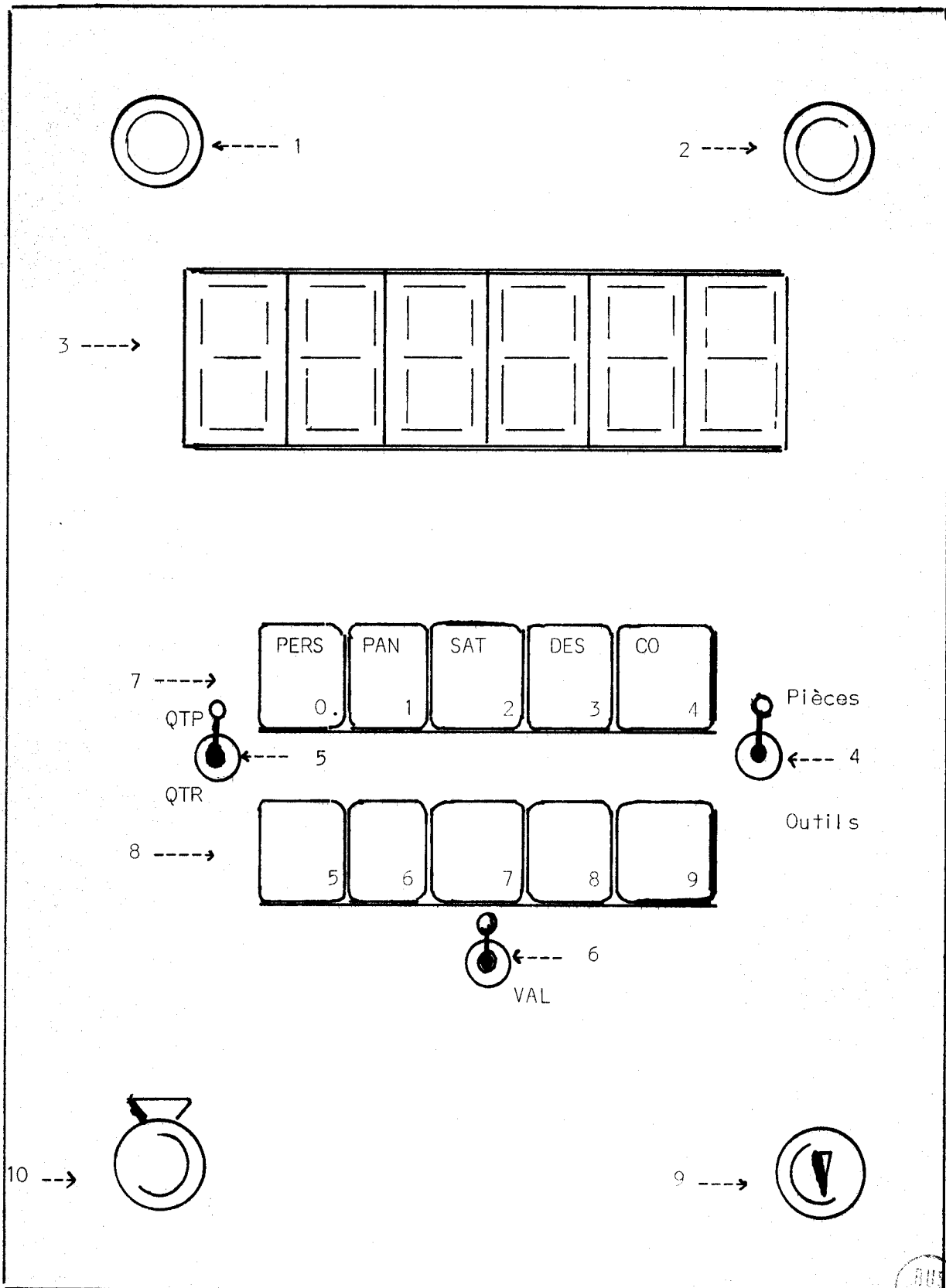


Figure 6.4



4. Sélecteur d'objets : un interrupteur à deux positions permettant de choisir entre deux objets de transactions, soit une pièce, soit un outil.
5. Sélecteur de valeurs : cet interrupteur permet de choisir entre deux valeurs, intéressant une transaction. Lorsqu'il s'agit d'une pièce, ces valeurs peuvent être, soit la quantité produite $N(I)$, soit la quantité restant à produire $N(I)$; lorsqu'il s'agit d'un outil, soit la charnière atteinte, soit la charnière restante.
6. Clef de validation des codes : cette clef permet à l'opérateur de valider les informations qu'il vient d'introduire. Tout codage non valable sera signalé par affichage.
7. Rangée de touches fonctions/numériques : elle permet de coder les types d'alarmes indiqués et sert de touches numériques de 0 à 4.
8. Rangée des touches numériques : complète la rangée précédente de 5 à 9 pour fins de codages (classes, types, etc ...)

Les éléments 9 et 10 sont respectivement les entrées du dispositif de verrouillage et de prise de téléphone.

VI.1.4. - Programmes d'application

VI.1.4.1. - Traitement de W_M

Le programme de traitement comporte essentiellement des tests sur les bits des mots W_{1M} et W_{2M} . Le programme tient compte des possibilités physiques par exemple DCY. AM sera une anomalie.

En dehors d'une panne hardware, DCY et FCY s'excluent mutuellement. Le nombre de tests sera donc diminué. Le résultat de tout test donnera lieu à une exécution d'un programme. En général, la détection d'une anomalie par programme s'accompagne de l'envoi d'un message à l'opérateur, ou à son chef d'équipe par un programme AFFOP ou à l'assistant de fabrication au niveau L3.

Afin de ne pas allonger inutilement cet exposé, nous allons examiner brièvement à travers le logiciel le rôle du terminal dans la tâche globale de suivi.

VI.1.4.2. - Gestion d'outil

Rappelons que cette tâche a pour but la diminution du coût de l'outillage. Les transactions effectuées au moyen du terminal A_{ki} permettent :

- de suivre en temps réel les charnières d'outils des postes.

Le déroulement des opérations effectuées lors d'un arrêt de la machine pour changement d'outil est représenté par le réseau de la figure 6.5.

Rappelons que le dépassement de la charnière attribuée à une classe d'outil provoque automatiquement l'ordre R A C (refus d'autorisation de cycle).

Le voyant de visualisation A qui clignotait auparavant, devient fixe. Le processeur procède à la lecture des compteurs.

Le temps τ_1 correspondant à la place P_1 est le temps mis par la machine pour s'immobiliser. Ce n'est qu'après cette durée que l'opérateur pourra procéder à une intervention.

.../...

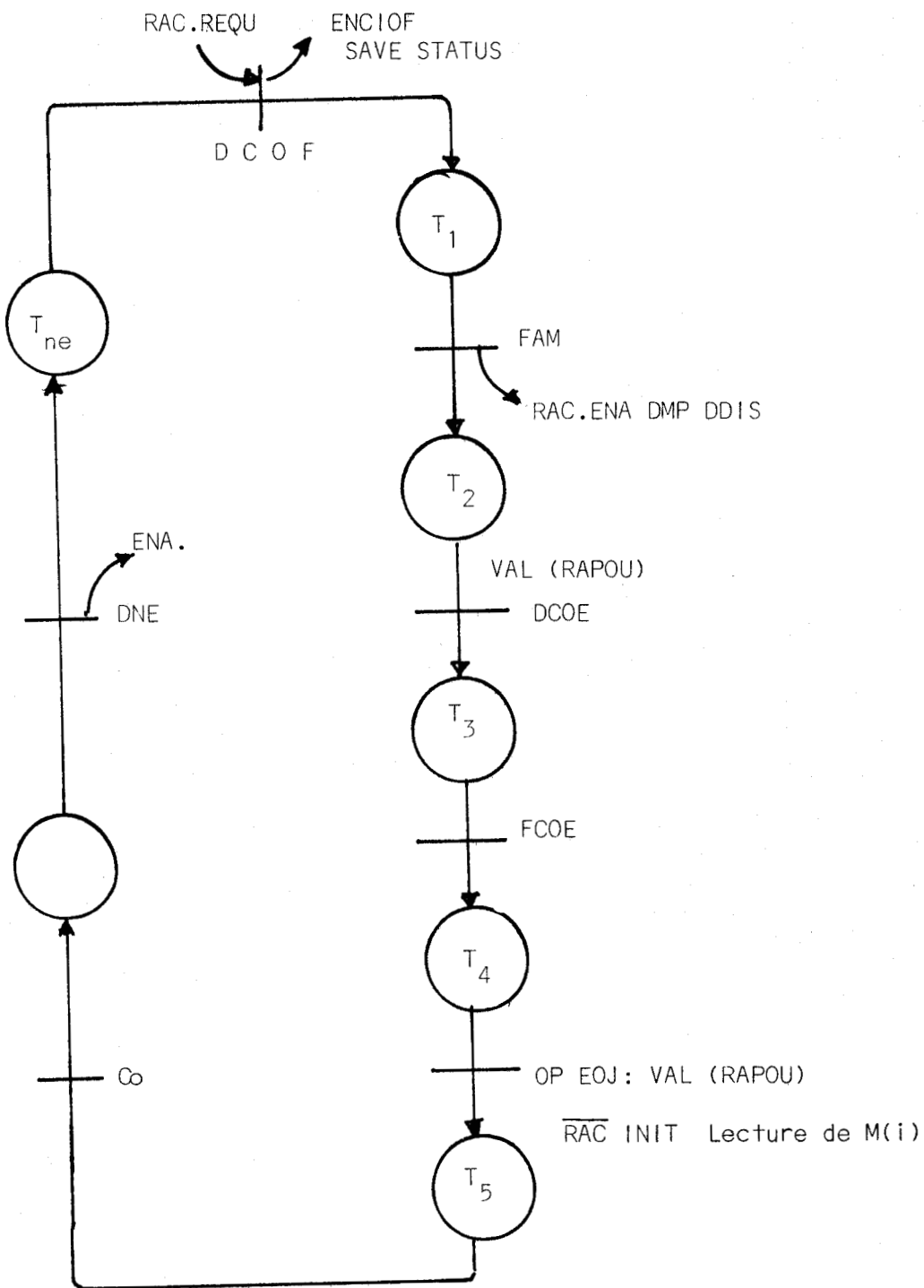


Figure 6.5 : Changement d'outil



Notons que l'évènement DCOE, et FCOE respectivement (début et fin de changement d'outil), ne sont pas toujours disponibles sur l'armoire d'automatisme pour toutes les machines-outils dans l'atelier considéré. De ce fait, le système de surveillance n'a aucun moyen de vérifier si l'outil a été effectivement changé ou non.

VI.1.4.2.1. - Calcul de la charnière d'outils

=====

Pour un outil de classe de donné, le degré d'usure après l'usinage de M_p pièces du type p est une fonction:

$$\beta_p^k = \beta (M_p, v_p^k, \alpha_p^k)$$

où relativement à p et k,

v_p^k : nombre des opérations effectuées par l'outil par pièce.

α_p^k : coefficient d'efficacité de l'outil vis-à-vis de l'usinage de la pièce.

Pour définir la valeur de la charnière, ces deux paramètres peuvent être déterminés pour chaque type de pièce à usiner. Dans le cas qui nous intéresse ils sont supposés constants et la fonction d'usure peut s'écrire :

$\beta_p^b = \gamma M_p$, où γ est une constante; β_p^k est proportionnelle à la charnière atteinte après l'usinage des M_p pièces.

On a dans ce cas :

$$N_p^k = \gamma' M_p$$

.../...

La valeur de cette charnière relativement au $q^{i\text{ème}}$ seuil est :

$$N_p^k = \gamma' M_p / L_{qp}^k \quad \%$$

Le temps restant avant que la charnière soit atteinte, est calculé en tenant compte du temps de cycle T(CY) pour effectuer la transformation d'une pièce.

VI.1.4.3. - Transactions : Outils

Nous avons décrit le système de comparaison de charnière des outils (cf V.4.3) . Au moyen du clavier, l'opérateur peut initialiser pour un outil donné, les transactions suivantes :

- la valeur d'une charnière
- le nombre de pièces usinées depuis le dernier changement
- le nombre de pièce à usiner avant le prochain changement
- le temps de marche normale avant le prochain changement.

Chaque fois qu'il y a un dépassement de charnière, on enregistre :

- code du poste (s'il s'agit d'une station multiposte)
- la classe (les codes C1 et C2)
- le type de dépassement (L_{qp}^k).

Pour transmission au niveau supérieur on complètera le message avec :

code de la station.

Une lecture du contenu des pièces permettra de déterminer le nombre des pièces usinées depuis le dernier FCO.

Le temps qu'il reste avant le prochain DCOC.

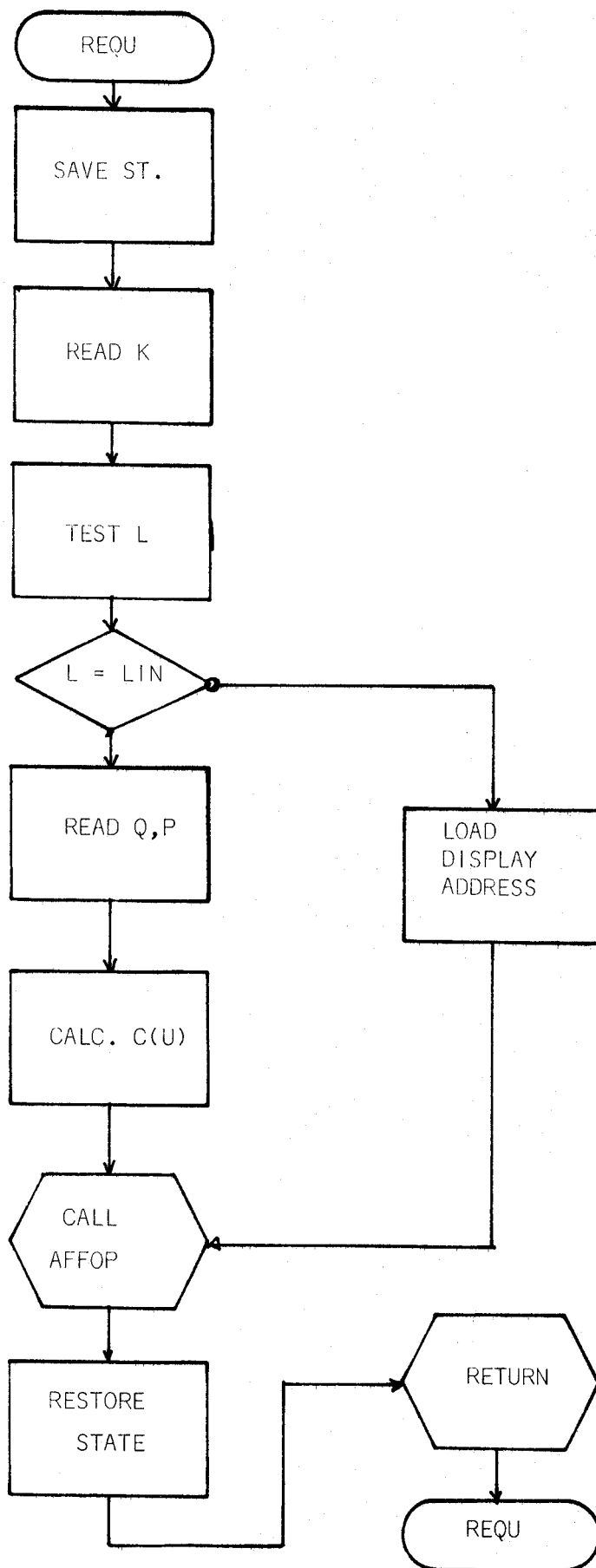


Figure 6.6



En ce qui concerne les transactions sur les outils initialisées par l'opérateur, le format de la figure permet de surveiller toute station de machine-outil,

$$M = \langle m_1 m_2 \dots m_N \rangle \text{ telle que}$$

$$1 \leq N \leq 16, \text{ et } | C(U) | \leq 64.$$

Considérons par exemple, un outil codé C1 - C2 au poste de code K.

C1	01
C2	K

Figure 6.7

La demande d'arrêt-machine pour changement de cet outil est formaté comme l'indique la figure 6.7.

Le programme correspondant suit l'organigramme de la figure

Considérons l'exemple du codage : 11. 12. 03

Dans cet exemple, le décodage des fonctions F_1 et F_2 conduit le processeur à commencer l'exécution du programme REQU à partir de l'adresse $X21 + n$ en mémoire morte : $-128 < n < 128$.

Un deuxième décodage (celui de C1 et C2) est ensuite effectué pour trouver l'adresse en M_{P2} de la valeur de charnière correspondante à l'outil : classe 12, n° 03. Il s'ensuit la comparaison de la valeur de charnière (REQU).

En ce qui concerne le programme (REQU) nous avons considéré le cas où seuls les deux seuils 80 % et 100% sont mémorisés au niveau du terminal. C'est le cas qui, à notre avis, sera le plus pratiqué car il favorise à la fois la minimisation de mémoire vive, et le gain de temps à ce niveau L1.

VI.1.4.4. - Lecture des valeurs de sortie des compteurs de pièces

Cette opération peut se faire à la fin du cycle (FCY), lorsqu'il n'y a pas risque de débordement d'un compteur. D'une manière générale, il faudra choisir la période de scrutation T_k , des compteurs de façon à éviter le débordement du compteur de la plus faible capacité.

Dans ce cas, le temps de cycle T (CY) sera lié à T_k par une relation simple :

$$T_k = m \cdot T \text{ (CY)}$$

où m est un nombre entier.

VI.1.5 - Exemples d'initiation des transactions

Demande d'arrêt machine

Pour demander l'arrêt d'urgence de la machine, il faut :

- déverrouiller 9
- enfoncer la touche 4 correspondant à la cause de la demande d'arrêt.
- coder le numéro de cette cause au moyen des touches de 4 et 5., s'il s'agit par exemple d'une panne codée 94, le message émis sera :

URG. PAN. 94

Ce message, après validation, sera directement transmis à l'assistant de fabrication qui enverra le RAC après une décision prise en fonction du protocole d'arrêt de la machine. Le feu 1 sera allumé à l'application de l'ordre RAC.

.../...

Demande du contenu des compteurs de pièces REQ1

Même démarche que pour le codage charnière d'outil. La seule différence est que l'élément 7 est mis en position PIECE.

Appel d'agent de maîtrise (URGPÉR)

Déverrouiller 9, enfoncer la touche PER/O sur 4. Utiliser 4 et 5 pour coder le numéro de l'agent demandé. Par exemple, s'il s'agit de l'agent n°7, le message enregistré sera le suivant :

URG. PER. 07

Le système A_{ki} offre ainsi un moyen d'atteindre des agents des différents niveaux.

VI.1.6. - Estimation des caractéristiques de performance du terminal A_{ki}

L'évaluation des caractéristiques de performance du système global dans le milieu industriel réel ne nous a pas été possible. Il est possible, néanmoins, d'estimer au moyen d'un modèle station service (cf 11,2,4) les valeurs de quelques paramètres systématiques.

Pour cela on se place dans le cas le plus défavorable. Le modèle station service est caractérisé par :

- F_a : distribution poissonnière de paramètre λ
- F_s : " " " " u
- N_{op} : nombre de serveurs (ici $N_{op} = 1$).

La taille mémoire de programme (PROM) est 500 octets. Il faut prévoir une taille ROM plus RAM 1,5 K octets environ.

Après une étude du flux d'information (exploitation des journaux de bord, ex A.11), nous avons pris les valeurs (cas le plus défavorable).

$$\lambda (\theta_{op}) = 2 \text{ trans/S}$$

$$\lambda (\theta_M) = 20 \text{ trans/S}$$

$$\lambda (\theta_{CM}) = 10 \text{ trans/S}$$

$$\lambda (\theta_{AF}) = 10 \text{ trans/S}$$

Supposons une transaction requiert 500 octets mémoire avec le SC/MP prenons : 20 microcycles pour servir (temps d'accès mémoire) une transaction. Dans ce cas le temps de service d'une transaction est $5 \cdot 10^2 \times 20 \mu s = 10^{-2} s$, d'où l'utilisation du processeur

$$U = \frac{\lambda}{u} = 42\%$$

Cette valeur assure une marge de sécurité relative à la valeur critique de 70%.

En utilisant les résultats de / ZUS /, la probabilité de trouver le terminal vide de transactions est : $P(0) = 0,51$.

La probabilité $P(N) = P(0) U^N$ donne :

$$P(1) = 0,20, P(2) = 0,08 P(3) = 0,03.$$

La probabilité qu'une transaction attende avant d'être servie : $B = P(0) U / (1-U)$

$$\text{soit } B = 0,33$$

Le temps moyen d'attente est : $TA = B/u (1-U) \rightarrow TA = 5 \text{ ms}$

Ce temps est sensiblement égal au temps de réponse T_R .

Certains paramètres dépendent essentiellement du processeur utilisé (vitesse d'exécution, nombre de registres, modes d'adressage et d'interruption etc ...). Les problèmes relatifs au choix des processeurs sont traités dans / VUI /, / STO /, / RED / .

La probabilité que le temps d'attente dépasse : T_s

$$\begin{aligned} P (TA > T) &= B \cdot \exp (-su (1-u)T) \\ &= 0,3 \exp (-100(0,6)T) \end{aligned}$$

Pour $T = 600 \text{ ms}$, la précision demandée,

$$P (TA > 6 \cdot 10^{-3} \text{ s}) = 0,3 \exp (-100 \cdot 0,6 \cdot 6 \cdot 10^{-3}) = 0,21$$

Le nombre moyen des transactions dans la file est

$$Q = \lambda (TA) = 40 \times 5 \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-3} = 0,2$$

CONCLUSION

Les fonctions logicielles que nous venons d'étudier dans ce dernier chapitre font ressortir les deux points essentiels.

Tout d'abord, le codage qui permet à l'opérateur d'initialiser ses transactions θ_{op} , est bien simple, il en est de même pour l'affichage. Considérées ensemble, ces deux constatations soulignent le fait que la solution que nous venons de proposer est loin d'être contraignante pour l'opérateur.

D'autre part, le potentiel des transactions de l'opérateur peut être augmenté par simple modification des sous-programmes dans le PROM. Par exemple, le codage du message w_{op} peut se modifier de manière à envoyer dans une seule transaction deux messages opérateur.

CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous venons de présenter peut se situer à deux niveaux :

- . Tout d'abord, on est amené à examiner la stratégie de surveillance. Il s'agit en effet de l'organisation de l'information. Cependant, avant d'y parvenir, le problème de l'observation se pose, il en est de même de la compréhension / AUB / par ordinateur tel que le terminal A_{ki} .

Alors que cette observation et cette compréhension sont acquises pour une source telle qu'une machine-outil, ceci ne peut être généralisé aux autres sources d'informations.

L'obstacle majeur comme le souligne / ASH / se trouve dans le concept d'ETAT. Ce même concept qui offre un moyen de description, sans ambiguïté, peut souffrir du manque de souplesse (pensons à la loi de conservation des choses, à l'incertitude d'Heisenberg ...). Il n'est alors pas étonnant que la théorie des Ensembles Flous / ASH / recueille de plus en plus l'attention.

Le problème de surveillance, sans des contraintes temps-réel, est en effet un problème complexe. De ce point de vue, la première génération de microprocesseur a connu un handicap à cause de leur lenteur de traitement. De ce fait, l'utilisation d'un microprocesseur dans la solution peut même être évoluée.

Le problème se complique d'avantage lorsqu'on doit, tenir compte de la présence de l'homme dans le système. Ce cas que nous avons étudié présente alors tous les problèmes liés à la commande des systèmes complexes.

L'incompatibilité des sous-systèmes en interaction se fait, sentir dans l'élaboration d'un cahier des charges pour résoudre le problème de commande. Alors que du côté concepteur il est nécessaire d'avoir des formulations précises pour le processeur. L'énoncé du problème par l'utilisateur contient des termes peu concis tels " moins contraignant ", " codage simple " etc ...

Si la commande directe digitale au cours des années récentes a pris une avance considérable sur le contrôle de processus, c'est surtout dû à la précision dans les spécifications de deux problèmes. Il est important de noter que l'automatisation de processus implique, tôt ou tard, la mise en place d'un système de surveillance.

Nous avons également vu pourquoi un tel système ne peut pas fonctionner sans l'intervention de l'homme. L'étude, dans la deuxième partie de ce mémoire nous a permis de dégager un certain nombre de problèmes. Dans l'étude du terminal, nous avons cherché une solution à un problème pratique. Les différentes étapes de ce travail ont été réalisées au moyen des réseaux de Pétri dont le domaine de l'application ne cesse de s'étendre. Nous voyons là un grand outil dans la recherche des solutions aux problèmes posés par des systèmes d'interface.

ANNEXE 1

RESEAUX DE PETRI

I - DEFINITIONS

DEFINITION 1

=====

Un graphe de Petri (GdP) est un quadruplet $G = (P, T, \alpha, \beta)$

où :

P : ensemble d'objets appelés places, $P \neq \emptyset$

T : ensemble d'objets appelés transitions,
 $T \neq \emptyset, P \cap T = \emptyset$

α : $P \times T \rightarrow \mathbb{N}$ fonction d'incidence avant

β : $P \times T \rightarrow \mathbb{N}$ fonction d'incidence arrière

(\mathbb{N} représente l'ensemble des entiers naturels)

REPRESENTATION

A un GdP on peut associer un graphe biparti orienté dont les noeuds sont les places et les transitions, représentées respectivement par des cercles et des barres. Il y a un arc de la place p_s à la transition t_j si $\alpha(p_s, t_j) = n_{sj} \neq 0$. Cet arc porte la valeur n_{sj} appelée poids de l'arc. Il y a, de même, un arc de la transition t_r à la place p_w si $\beta(p_w, t_r) = n_{wr} \neq 0$. Cet arc porte le poids n_{wr} .

.../...

DEFINITION 2

Soit t une transition d'un GdP, $R = (P, T, \alpha, \beta)$.

L'ensemble des places d'entrée de t est l'ensemble :

$${}^{\cdot}t = \{ p \in P \mid \alpha(p, t) \neq 0 \}$$

L'ensemble des places de sortie de t est l'ensemble

$$t^{\cdot} = \{ p \in P \mid \beta(p, t) \neq 0 \}$$

DEFINITION 3

Soit p une place d'un RdP, $R = (P, T, \alpha, \beta)$.

L'ensemble des transitions d'entrée de p est l'ensemble :

$${}^{\cdot}p = \{ t \in T \mid \beta(p, t) \neq 0 \}$$

L'ensemble des transitions de sortie de p est l'ensemble :

$$p^{\cdot} = \{ t \in T \mid \alpha(p, t) \neq 0 \}$$

DEFINITION 4

Un marquage M d'un GdP, $G = (P, T, \alpha, \beta)$ est une application :

$$M : P \longrightarrow \mathbb{N}$$

Dans le cas où un GdP a un nombre fini de places, $|P| = n$, on peut représenter un marquage M par un vecteur $M \in \mathbb{N}^n$,

$$M = \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ m_n \end{pmatrix}, \text{ où } m_i = M(P_i).$$

DEFINITION 5

Un réseau de Petri (RdP) est le couple $R = (G, M_0)$ où G est un graphe de Petri et M_0 un ensemble fini non vide de marques initiales.

DEFINITION 6

Soit un RdP, $R = (P, T, \alpha, \beta, M)$ et M un de ses marquages. On dit qu'une transition est tirable ou validée pour le marquage M si :

$$\forall p \in \cdot t \implies \alpha(p, t) \leq M(p).$$

DEFINITION 7

Soit M_t l'ensemble des marquages pour lesquels une transition t d'un RdP est validée. Alors la mise à feu de la transition t (MAF(t)) est une application de M_t dans l'ensemble des marquages M définie de la façon suivante :

si $\text{MAF}(t)(M_i) = M_j$, alors :

$$M_j(p) = \begin{cases} M_i(p), & p \in \{ \cdot t, t \cdot \} \\ M_i(p) - \alpha(p, t), & p \in \{ t - (\cdot t n t \cdot) \} \\ M_i(p) + \beta(p, t), & p \in \{ t \cdot = (t \cdot n t \cdot) \} \\ M_i(p) - \alpha(p, t) + \beta(p, t), & p \in \{ \cdot t n t \cdot \} \end{cases}$$

DEFINITION 8

Soit un RdP, M_0 un de ses marquages et considérons une séquence de transition $\sigma = t_1 t_2 t_3 \dots t_s$. On dit que σ est une séquence de simulation ou une séquence de mise à feu à partir de M_0 si et seulement s'il existe une suite de marquages $M_1 M_2 \dots M_s$ telle que $\text{MAF}(t_i)(M_{i-1}) = M_i$ pour $i = 1, 2, 3, \dots, s$. On note $\sigma : M_0 \rightarrow M_s$; M_s est le marquage atteint par application de σ à partir de M_0 .

Représentation

On peut représenter un marquage comme la distribution dans les places d'objets appelés marques. Une marque dans une place est représentée par un point dans le cercle correspondant. La mise à feu d'une transition t consiste donc à enlever $\alpha(p_i, t)$ marques de chaque place d'entrée p_i et à déposer $\beta(p_j, t)$ marques dans chaque place de sortie p_j . Pour un marquage M , on appellera charge de la place p le nombre de marques $M(p)$ qu'elle contient.

DEFINITION 9

Soit un RdP, $R = (P, T, \alpha, \beta)$ et un de ses marquages M_0 . On appelle classe des marquages successeurs de M_0 l'ensemble :

$$A(M_0) = \{ M \mid \exists \sigma \in T^* : M_0 \xrightarrow{\sigma} M \}$$

(T^* désigne le monoïde libre sur T).

DEFINITION 10

Un RdP ordinaire ou simple est un RdP tel que

$$\alpha : P \times T \rightarrow \{0, 1\} \text{ et } \beta : P \times T \rightarrow \{0, 1\}$$

DEFINITION 11

Un RdP pur est un RdP tel que $t \in T : \{ \cdot t \} \cap \{ t \cdot \} = \emptyset$.

DEFINITION 12

Un graphe d'état est un RdP ordinaire tel que :

$$p \in P, | \cdot p | \leq 1 \text{ et } | p \cdot | \leq 1.$$

DEFINITION 13

Un graphe marqué est un RdP ordinaire tel que :

$$t \in T, | \cdot t | \leq 1 \text{ et } | t \cdot | \leq 1.$$

DEFINITION 14

Pour un RdP pur, $R = (P, T, \alpha, \beta)$, $|P| = n$, $|T| = m$, on peut définir les matrices (1) :

$$- C = (c_{ij})_{n \times m} \text{ avec } c_{ij} = \begin{cases} \beta(p_i, t_j) & \text{si } \beta(p_i, t_j) \neq 0 \\ -\alpha(p_i, t_j) & \text{si } \alpha(p_i, t_j) \neq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

C est appelée matrice d'incidence du réseau.

$$- C^+ = (c_{ij}^+)_{n \times m} \text{ avec } c_{ij}^+ = \begin{cases} \beta(p_i, t_j) & \text{si } \beta(p_i, t_j) \neq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

.../...

A.6.

$$- C^- = [c_{ij}^-]_{n \times m} \text{ avec } c_{ij}^- = \begin{cases} \alpha(p_i, t_j) & \text{si } \alpha(p_i, t_j) \neq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

REMARQUE

$$C = C^+ - C^-$$

DEFINITION 15

Le graphe des marquages d'un RdP, $R = (P, T, \alpha, \beta)$, à partir d'un marquage M_0 , est un graphe orienté étiqueté dont l'ensemble des noeuds est \vec{M}_0 et l'ensemble des étiquettes est T_t . Il y a un arc portant l'étiquette t_s du noeud M_i vers le noeud M_j ssi $M_i \xrightarrow{t_s} M_j$.

ANNEXE 2

NOTIONS SUR LES AUTOMATES

DEFINITION 1

Un automate défini sur Σ est un triple

$$A = \langle Q, \Sigma, \delta \rangle \text{ où :}$$

Q est un ensemble non-vide d'états,

Σ est un semi-groupe appelé alphabet d'entrée,

$\delta : Q \times \Sigma \longrightarrow Q$ est la fonction de transition.

DEFINITION 2

$B = \langle Q', \Sigma, \hat{\delta} \rangle$ est un sous-automate de A , noté $B \ll A$ si et seulement si

$Q' \subset Q$, et $\hat{\delta}$ est la restriction de δ défini comme suit :

$$\hat{\delta} : Q' \times \Sigma \longrightarrow Q$$

(Nous utiliserons $\hat{\delta}$ pour δ quand aucune ambiguïté n'est possible).

DEFINITION 3

(i) L'ensemble des successeurs de $Q' \subset Q$ d'un automate

$$A = \langle Q, \Sigma, \delta \rangle \text{ est :}$$

$$\begin{aligned} \delta Q' &= \{ \delta (w', x) ; q' \in Q', x \in \Sigma \} \\ &= \{ \hat{\delta} (q, x) ; q \in Q, x \in \Sigma \} \end{aligned}$$

(ii) L'ensemble des successeurs d'un état $q \in Q$ de A est :

$$\delta q = \{ \delta (q, x) ; x \in \Sigma^* \}$$

DEFINITION 4

La source d'un état S d'un automate $A = \langle Q, \Sigma, \delta \rangle$

est : $\sigma (S) = \{ q \in Q ; s \in \delta q \}$.

ANNEXE 3

MACHINES SÉQUENTIELLES

DEFINITION 1

Une machine séquentielle est le quintuplet

$$M = \langle Q, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda \rangle, \text{ où :}$$

Q : un ensemble non-vidé d'ÉTATS

Σ : un ensemble non-vidé de SYMBOLES D'ENTRÉE

Δ : un ensemble non-vidé de SYMBOLES DE SORTIE

$\delta = Q \times \Sigma \rightarrow Q$, est la FONCTION DE TRANSITION DIRECTE

$\lambda : Q \times \Delta \rightarrow Q$; est la FONCTION DE SORTIE

M est dit fini si Q , Σ , et Δ sont finis.

DEFINITION 2

Un monoïde est un triplet $\mu = \langle E, \cdot, e \rangle$, où

E est un ensemble non-vidé

\cdot est une opération binaire, stable et associative sur E .

$e \in E$ est l'élément neutre de l'opération.

DEFINITION 3

Soit Σ un ensemble non-vidé de SYMBOLES et Σ^* le MONOÏDE LIBRE sur Σ , c'est-à-dire, l'ensemble de toutes les séquences de longueur finie des éléments de Σ , y compris la séquence vide ϵ , sans concaténation.

Pour la machine séquentielle $M = \langle Q, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda \rangle$, on définit le MONOÏDE de M par :

$$G_M = \{ x^M; x^M(q) = \delta(w, x), \forall x \in \Sigma^* \}$$

REMARQUE

(i) L'opération de monoïde est une composition de fonction avec E^M comme fonction identité sur Q .

(ii) $(xy)^M = x^M y^M$ pour tout $x, y \in \Sigma^*$.

DEFINITION 4

Soit $M = \langle Q, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda \rangle$ une machine séquentielle. Pour chaque $q \in Q$, $x \in \Sigma^*$, et $a \in \Sigma$,

$$\delta(q, \epsilon) = q$$

$$\delta(q, x a) = \delta(\delta(q, x), a)$$

$$\lambda(q, \epsilon) = \epsilon$$

$$\lambda(q, x a) = \lambda(q, x) \lambda(\delta(q, x), a).$$

DEFINITION 5

La relation entrée/sortie de la machine séquentielle

$M = \langle Q, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda \rangle$ est :

$$B(M) = \{ (x, \lambda(q, x)) ; x \in \Sigma^*, q \in Q \}.$$

JOURNAL DE BORD: EDIT.1

080	CYC. D	14H52	070	F. SAT	09H30
047	D. DES	14H52	051	F. DES	09H31
080	CYC. D	14H52	053	D. SAT	09H31
025	D. DES	14H52	013	D. CO	09H31
070	CYC. D	14H52	069	F. SAT	09H31
053	F. SAT	14H53	070	CYC. D	09H32
025	F. DES	14H53	051	CYC. L	09H32
048	D. SAT	14H53	013	CL 1	09H33
052	F. SAT	14H54	013	F. CO	09H33
049	F. SAT	14H54	051	CYC. L	09H34
035	CYC. D	14H54	062	CYC. D	09H34
025	D. DES	14H54	053	F. SAT	09H35
025	F. DES	14H54	035	CYC. D	09H35
052	D. SAT	14H54	073	CYC. L	09H35
052	F. SAT	14H54	131	HT	09H36
050	D. DES	14H54	084	ST	09H36
070	CYC. D	14H54	076	CYC. D	09H36
070	CYC. D	14H54	053	D. DES	09H37
051	F. SAT	14H55	070	CYC. D	09H37
025	D. DES	14H55	035	CYC. L	09H38
035	CYC. D	14H55	062	CYC. L	09H39
035	CYC. L	14H55	076	CYC. D	09H39
050	F. DES	14H55	004	CYC. L	09H40
051	D. SAT	14H55	062	CYC. D	09H42
051	F. SAT	14H55	096	D. DES	09H42
048	D. SAT	14H55	096	F. DES	09H42
051	D. SAT	14H56	070	CYC. D	09H43
051	F. SAT	14H56	073	CYC. L	09H43
025	F. DES	14H56	053	F. DES	09H43
052	CYC. D	14H56	076	CYC. D	09H44
051	D. SAT	14H56	073	CYC. D	09H44
051	F. SAT	14H56	052	F. SAT	09H44
051	D. SAT	14H56	051	D. SAT	09H44
025	D. DES	14H56	051	F. SAT	09H44
025	F. DES	14H56	051	D. SAT	09H45
070	CYC. L	14H56	028	CYC. L	09H45
048	F. SAT	14H56	051	F. SAT	09H45
085	CYC. D	14H57	051	D. SAT	09H46
048	CYC. L	14H57			



TRANSACTION ROUTINE

```

C404   LD1  L(BASE)
32     XPAL  P2
01     XAE
C40C   LD1  H(BASE)           ; SET UP STACK
36     XPAH  P2           ; AND SAVE POINTER P2
CA1A   ST   STRP+1,P2
40     LDE
CA1B   ST   STRP+2,P2
.      .
.      .
C8DE   LD   AD(REQU) L
33     XPAL  P3
C8DF   LD   AD(REQU) H
37     XPAH  P3
5F     XPPC           ; GO TO REQU
:      :
:      :
021A   LD   0(P2)
01     XAE           ; SAVE IN EXT. REG.
021B   LD   1(P2)
32     XPAL  P2
40     LDE
36     XPAH  P2           ; RESTORE POINTER P2.

```

BIBLIOGRAPHIE

- /BLE/ BLEUZE G. : " Modélisation et simulation d'une chaîne
d'usinage d'un moteur automobile "
Thèse Docteur-Ingénieur - U.S.T. Lille 1
Janvier 1975
- /DOU1/ DOUMEINGTS G. : " Compte rendu sur les journées d'étude
Informatique & Gestion Industrielle "
(A.D.E.P.A.)
- /DOU 2/ DOUMEINGTS G. &
J.P SAGASPE : " $A2_{i \triangle}$ Automatique et Informatique Industrielle "
" Exemple de saisie de données en temps réel
dans un atelier de production "
(Décembre 75 n° 42)
- /ALL/ ALLARD J.F : " Gestion en temps réel et base de données distri-
buées "
($A2_i$ - Août, Septembre 75 n°39)
- /FIT/ FITOUSSI F. : " Définition et Etude du problème d'assistance
de fabrication dans une chaîne d'usinage à
forte cadence de production "
Thèse Doctorat de 3° cycle - U.S.T. Lille 1
Nov.1978
- /DEL/ DELEGLISE R. : " Les moniteurs temps réels sur petits calcula-
teurs "
(Automatisme Tome XX. N° 1/2)
- /TTT/ * TITLI A. : " Commande hiérarchisée et optimisation des
processus complexes " (Dunod)
- /FOS/ FOSSARD A.H, CLIQUE M & IMBERT N :
" Aperçu sur la commande hiérarchisée "
(R.A.I.R.O. n° Août 1972)
- /BAI/ BAILEY S.J : " Minicomputers flourish in control hierarchies"
(Control Engineering / May 1976)

- /LEV/ LEES L.H, VILENCHICH, MALHERBE :
Int. J. Systems Sciences, 1975, vol 6. n°9
887-897
A Functional approach to modelling of manu-
facturing processes
- /HAG/ HAGG Claes " Possibility and cost in decision analysis "
Information and Control. North Hol. Pub. Co
June 1977. p.81
- /FOU1/ FOUSSARD Y. : " Automates décrits par réseau de Pétri
réalisé avec un seul type de module ".
Automatisme Tome XX1 N° 1/2 Jan.-Fev. 1976
p. 39-42
- /TEM/ TEMPIER J. : " Mini-ordinateurs dans la gestion industrielle
et le contrôle des processus. "
- /SPA/ SPADEMAN C. : " Microprocessors in the processing plant "
I.E.E.E.. Transactions on Computers Vol. 22
n° 3 August 1975
- /DIG1/ Digital Equipment
- /DIG2/ P.D.P. Computer design Handbook
P.D.P. Peripheral Handbook
- /PET1/ PETERSON J.L : Petri nets A.C.M. Computing survey vol.9
n° 3 Sept.1977 p. 167-185.
- /HAY/ HAYES J.P : " On modifyng logic networks to improve their
diagnos ability "
I.E.E.E. Tran on computers Vol. C-23 n°
Janv. 74 - p. 56-62.
- /JUM/ JULINSSEN and MOWLE : " Multiple microprocessors with
common main and control memories
I.E.E.E. Trans. on Comp. Vol C-22 n° 11
Nov.1973 p.999-1007
- /POV/ POVY L. Identification de processus
Dunod Université.

- /VAU/ VAUDENE D. & VIGNAT J.C : " Sémantique d'énoncés de
synchronisation en termes de
Réseaux de Pétri."
AFCET, Journées sur le Réseaux de Pétri, Mars 1977.
- /MES/ MESAROVIC M.D, MACKO D., TAKAHARA T. :
Theory of hierarchical multilevel systems
Mathematics in sciences and engineering, vol 68
Academic Press.
- /STO/ STOUT T.M. : " Economic justification of computer control systems "
(Automatica vol. 9 1973)
- /ZAD/ ZADEH : " Systems theory " (Mc. Graw-Hill)
- /STI/ STIMLER S. : " Real-Time Data-Processing Systems "
(A methodology for Design and cost/performance
analysis - Mc Graw Hill)
- /HEC/ HERBERT, CHANG, MANNING & METZE
" Fault diagnosis of digital systems "
(J. Willey edts, 1970)
- /MIS/ MISUNAS D. : " Petri Nets and speed independant design "
(A.C.M. Communications vol. 16 n° 8 - 1973)
- /STR/ STRATFORD & OGHANNA : " Microprocessor control of substations "
(I.E.E.E., vol IECI-24 n° 1 Feb 77)
- /EIM/ EINOLF Jr. MUSSLER & GRAHAM :
" Microprocessors based four section EXCORE
Detector system "
(I.E.E.E. Vol IECI-23 n° 3 August 1976)
- /LIB/ LINNENBRINK & BENDING : " PACER : A microprocessor based
Process control "
(1976 : Industrial electronics and central instru-
ments).
- /FLY/ FLYNN, ROSIN : " Microprogramming; An introduction and
View-point "
(I.E.E.E. vol c-20 n° 7)

- /CAS/ CASSENT D. : " Digital Electronics " QPI Series
- /PRO1/ PROTH J.M, RAZAFINDRAKOTO A. :
" Amelioration d'un ordonnancement dans le cas
d'une fabrication de type linéaire "
(R.A.I.R.O. Nov. 1972 V-3; p 17-26)
- /HAR/ HARRISON A. : " Lectures on linear sequential machines "
(Academic Press.)
- /PLU/ PLUMMER W.M. : " Asynchronous Arbiters "
(I.E.E.E. Trans., on Computers, vol 21, NO.1 Jan 1972)
- /LAD/ LADNER R.E. : " Application of model theoretic games to discrete
linear orders and finite automata ".
(Information and control 33, 281-303 (1977)
- /PAT/ PATIL S., J.B DENNIS : " The description and realization
of digital systems.
(R.A.I.R.O. Fev: 1973, J-1, p. 55-69)
- /MIL/ MILLER R.E. : " A comparison of some theoretical models of
parallel computation ".
(I.E.E.E. Trans. on computers, vol c-22, No.
8 aug. 1973)
- /CHO/ CHOFRUT C. : " Sur certaines applications séquentielles
numériques ".
(Information and control, 33,352-363 (1977).
- /SHU/ SHUKLA W., SRIVASTAVA A.K :
" A topology for automata : a note "
(Information and control, 32, 163-168 (1976)
- /GOS/ GOSTELOW K.P. : " Computation modules and Petri nets
(Dept. of INF. and computer science.
Univ. of calif. p. 346-353)
- /HOF/ HOFRI M., YADIN M. : " Multiprogramming with virtual memory
a queuing model "
(Information sciences 11,187-221,(1976))

- /RIC/ RICHARD J.P : " Génération des tests de détection des pannes multiples pour un circuit combinatoire "
(Automatisme T XVII, n° 10)
- /MAB1/ MARIN J., ANDRE C. & BOERI F. : " Synthèse et réalisation de système logique à évolution simultanée "
(R.A.I.R.O. Avril 1976)
" Conception de systèmes séquentiels totalement autotestable à part des réseaux de Petri "
(R.A.I.R.O. Novembre 1976)
- /GIL/ GILL A. : " Linear sequential circuits " Mc Graw Hill Editions
- /CHU/ CHUANG, SATANU Das : " Synthesis of multiple - input change Assynchrone machines using controled excitation and Flip-Flops "
(I.E.E.E. Transaction on computers vol C.22 n° 12)
- /SHI/ SHI-KUO-CHANG : " A model for distributed computer system Design "
(I.E.E.E. Transaction on system man and cybernetics vol SMC-5 n° 6)
Compte rendu AFCET sur Journée d'Etude des Réseaux de Petri, Paris, Mars 1977.
- /RED/ REDFIELD R. : " A study in microprogrammed processor : A medium sized microprogrammed processor "
(I.E.E.E.Vol C-20 n° 7 July 1971)
- /GAR/ GARDNER : " Functional Memory and its microprogramming implications "
(I.E.E.E. vol C-20 n° 7 July 1971)
- /MAS/ MASANAO AOKI : " Optimization of stochastic systems -
(Academic Press)
- THILLIEZ J. : " La technique de commande numérique des machines-outils "
- /AUB/ AUBERT J.C, LE MOIGNE J.L : " Mesure des volumes d'information, générée par une organisation : méthode, expérimentation et interprétation "
(Rapport final IRIA/Sesori n° 76015)
- /ACK/ RUSELL L. ACKOFF: " Progress in operations Research, vol 1
John Wiley & Sons.

- /ABR/ ABRIAL J., CAHEN J.P, FABRE J.C, MAZARE G. & MORIN R. :
" L'architecture "Système" du système SOCRATE "
(R.A.I.R.O. Juin 1972, B-2)
- /LER/ LEROUDIER J. : " Analyse d'un système à partage de ressources "
(R.A.I.R.O. Octobre 73 B-3)
- /LAB/ LABETOULLE J. : " Un algorithme optimal pour la gestion des
processus en temps réel "
(R.A.I.R.O. 1974 B-1)
- /STEV/ SCHELNESS N.H, STEPENS P.D & WHIFIELD H. :
" The Edinburgh multi-access system scheduling
and allocation procedures in resident supervisor "
(R.A.I.R.O. Septembre 1975n B-3)
- /MAN/ DU MANOIR H. : " Réduction du volume des micro-programmes par
une méthode d'optimisation de l'allocation des
registres "
(R.A.I.R.O. Février 74 B-1)
- /BAI/ BAILEY J.J : " Multiplexer : distributed control design component "
(Central engineering / April 1976)
- /SUL/ SULPICE & CHEVALIER G. : " Système de commande et d'acquisition
numérique décentralisée "
(Automatisme T. XXI n°1/2)
- /FAU/ FAUCONNIER J. & HAMON H. : " Contrôle de production "
(technique de l'ingénieur H 8200)
- /COL/ COLIN J.T : " Introduction to operating system "
- /MAR/ MARTIN J. : " Design of real-time computer system "
Prentice Hall Inc. London, 1967)
- /HIL/ HILL J. & PETERSON R. : " Introduction to switching theory
and logical design "
J.WILEY Edts - 1968
- /BOU/ BOULAYE G. : " La microprogrammation " (Dunod Edts)
- /TOU2/ TOULOTTE J.M : " Dispositifs de commande en temps réel "
(Dunod Edts)
- /MAF/ MELIN C., AYENG E, FITOUSSI F.
" Développement d'un système d'assistance de fabri-
cation pour l'usinage de pièces des moteurs d'auto-
mobiles (Rapport fin de projet UST Lille)
.../...

- /ELN/ ELLWOOD Peter " Microprocessor Control of Road toll systems "
Microprocessors; vol.1 n°8 Déc.1977 p.467-500
- /TOU1/ TOULOTTE J.M " Réseau de Pétri et Automates programmables "
Automatisme XXIII Juillet-Août 1978 p.200
N° 7-8
- /KEL/ KELLE R.M : Towards a theory of Universal Speed
Independant Modules
I.E.E.E. Transactions on Computers Vol.C-23
n°1 Jan.1974 p.21-33
- /BLD/ BLANCHARD & DACLIN : Synthèse de machines séquentielles
DUNOD
- /LAR/ LARISSE J. RAIRO 1970 p.91-105
- /STE/ STEINBUCH Automat und mensch, kybernetische tatsachen
Berlin - Heidelberg, N.Y. 1965
- /TUR/ TURING A.M " Computing machinery and intelligence in
'Mind' 236,1950."
- /NS1/ National Semiconductor SC/MP LCDS Users Manural,
Microprocessor assembly language
Programming Manual.
- /HUS/ HUSSON S.: Microprogramming,Principles and practies
Prentice Hall. Inc.
- /KEY/ KEYES R. " Physical Uncertainty and information"
I.E.E.E. Transactions on Computers Vol C-26
n°10 Octobre 1977
- /COF/ CORSINI P., FROSINI G. " Interconnecting asynchronous control
Networks "
- /SCH/ SCHILLER, ABRAHAM, FOX & VAN DAM, " A microprogrammed intelligent
Graphies Terminal
I.E.E.E. Transaction on Computers
vol. C-20 n°7, July 1971 p.775-781
- /KRA/ KLEIR, RAMAMOORTHY: " Optimisation strategies for microprogramms
"I.E.E.E. Transactions on Computers vol C-20
n°7 July 1971, p. 783-811.

- /ELS/ VAN ELSTRAETE : " Organisation et maîtrise des flux
d'information dans l'entreprise "
Automatisme XIII, n°9 Sept. 1968.
- /GRU/ GRUDOWSKI R.A, STRUGER O.J : " The microprocessor in Programmable
Logic/Computing Controllers for the Industrial
Environnement.
I.E.E.E. T.IE-C.I vol IECI-22 n°3 August 1975.
- /ZUS/ ZUSSMAN R. " Predicting queue performance on a programmable
handheld calculator. "
Computer Design, Aug.1978 pp 93-100.
- /MAF2/ MELIN C., AYENG E., FITOUSSI F.
" Système d'assistance de fabrication pour
l'usinage des pièces d'automobile ".
International Symposium on Automotive
Technology & Automation 1977, vol.2.

