

80/27

Sc N 80/

225 A

UNIVERSITE DE NANCY I

T H E S E

présentée à

l'Université de NANCY I
pour obtenir le grade de



DOCTEUR INGENIEUR EN AUTOMATIQUE

par

Christian VOEGELI

CONCEPTION ET REALISATION D'UN INTERFACE PROGRAMMABLE POUR
L'INTEGRATION DES MACHINES-OUTILS A COMMANDE NUMERIQUE DANS
UN SYSTEME DE COMMANDE PAR CALCULATEUR

Soutenue publiquement le 6 novembre 1980,
devant la Commission d'Examen :

Président : Monsieur R. HUSSON

Examineurs : Messieurs A. FRÜHLING

J.M. JAMET

J. SAUQUET

C. SAUVAIRE

J.P. THOMESSE

M. VERON

BIBLIOTHEQUE SCIENCES NANCY 1



D 095 180280 7

UNIVERSITE DE NANCY I

T H E S E

présentée à
l'Université de NANCY I
pour obtenir le grade de



DOCTEUR INGENIEUR EN AUTOMATIQUE

par

Christian VOEGELI

CONCEPTION ET REALISATION D'UN INTERFACE PROGRAMMABLE POUR
L'INTEGRATION DES MACHINES-OUTILS A COMMANDE NUMERIQUE DANS
UN SYSTEME DE COMMANDE PAR CALCULATEUR

Soutenue publiquement le 6 novembre 1980,
devant la Commission d'Examen :

Président : Monsieur R. HUSSON

Examineurs : Messieurs A. FRÜHLING
J.M. JAMET
J. SAUQUET
C. SAUVAIRE
J.P. THOMESSE
M. VERON

AVANT - PROPOS

Que Monsieur le Professeur A. FRÜHLING, Directeur du Laboratoire d'Electricité et d'Automatique, trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour la bienveillance qu'il m'a toujours témoignée

Je suis très sensible à l'honneur que me fait Monsieur le Professeur R. HUSSON en présidant la Commission d'Examen.

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur M. VERON pour l'accueil qu'il m'a réservé au sein du Laboratoire, et l'estime qu'il me manifeste en participant à mon Jury.

Ce travail a été effectué au Laboratoire d'Electricité et d'Automatique, en étroite collaboration avec l'Agence Nationale pour le Développement de la Production Automatisée (A.D.E.P.A.). Que son Directeur, Monsieur C. SAUVAIRE, qui me fait l'honneur de participer au Jury d'Examen, trouve ici l'expression de mes remerciements.

Je remercie Messieurs J.M. JAMET, Directeur Produit et Marketing à la Société NUM S.A., J. SAUQUET, Directeur du Département Contrôle Automatique à la Société MATRA, et J.P. THOMESSE, Chargé de mission à la D.I.E.L.I., pour l'intérêt qu'ils portent à mon travail et l'honneur qu'ils me font en participant au Jury.

Je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur F. LEPAGE qui m'a apporté une aide précieuse et constante tout au long de cette étude.

J'adresse mes remerciements amicaux à mes camarades du Laboratoire, ainsi qu'aux Ingénieurs du Service Automatisme Microélectronique et Robotique de l'A.D.E.P.A., pour leur collaboration constructive.

Je remercie Madame J. SCHWARTZ et Mademoiselle A. KASTNER pour la qualité et la rapidité de leur travail dans la réalisation matérielle de ce mémoire.

	<u>Pages</u>
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>I - PRESENTATION GENERALE</u>	3
I.1. Les systèmes D.N.C.	3
I.2. L'adaptateur dans un système D.N.C.	6
<u>II - CAHIER DES CHARGES</u>	8
II.1. Modes de fonctionnement	8
II.1.1. Mode "calculateur"	9
II.1.2. Mode "lecteur"	9
II.1.3. Mode "mémoire"	9
II.1.4. Mode "éditeur"	10
II.2. Dialogue Opérateur-Adaptateur	10
II.3. Type de console connectable	11
II.4. Capacité de mémorisation	11
II.5. Editeur de texte	11
II.6. Connexion aux unités de gouverne	12
II.7. Liaison Calculateur-Adaptateur ; modalités d'échange	14
II.8. Structure du programme-pièce	14
<u>III - SOLUTION THEORIQUE</u>	16
<u>PARTIE A</u> : Editeur de texte	17
A.1. Commandes de chargement de programme	18
A.2. Commandes d'opérations sur blocs	19
A.3. Commandes d'opérations sur caractères	21
<u>PARTIE B</u> : Liaison Calculateur-Adaptateur	23
B.1. Etude de la liaison matérielle	23
B.1.1. Liaison du type boucle de courant avec couplage optoélectronique	23

	<u>Pages</u>
B.1.2. Liaison par fibres optiques	25
B.1.2.1. Les fibres optiques	28
B.1.2.2. Le bloc émetteur	33
B.1.2.3. Le bloc récepteur	34
B.2. Protocole d'échange	37
B.2.1. Codage des informations	38
B.2.2. Messages de service	44
B.2.3. Description générale du protocole	44
B.2.3.1. Contrôle en émission	45
B.2.3.2. Contrôle en réception	47
B.2.4. Messages d'information	48
B.2.4.1. Message de commande numérique	49
B.2.4.2. Message commentaire	49
B.2.4.3. Message de commande	50
B.2.5. Etude détaillée du protocole	56
B.2.5.1. Procédure calculateur	57
B.2.5.2. Procédure adaptateur	62
<u>IV - CHOIX D'UNE STRUCTURE ET REALISATION D'UNE MAQUETTE</u>	68
IV.1. Description de la carte principale	69
IV.2. Configuration finale	74
<u>V - DESCRIPTION DU LOGICIEL</u>	77
V.1. Sous-programme de scrutation du mode de fonction- nement	78
V.2. Sous-programme d'activation de mode	80
V.2.1. Sous-programme d'activation du mode lecteur	80
V.2.2. Sous-programme d'activation du mode mémoire	82

	<u>Pages</u>
V.2.3. Sous-programme d'activation du mode calculateur	82
V.2.3.1. Initialisation de la liaison	83
V.2.3.2. Acquisition et émission d'un message de commande	85
V.2.3.3. Transfert du fichier	87
V.2.4. Sous-programme d'activation du mode éditeur	89
V.3. Sous-programme de reconnaissance des interruptions	91
<u>CONCLUSION</u>	92
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	94

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

Dans une entreprise de fabrication mécanique disposant de Machines-Outils à Commande Numérique (M.O.C.N.) d'origines différentes, la gestion, la correction, le stockage des programmes-pièces posent un problème complexe, coûteux, source d'erreurs. La diversification sans cesse accrue des productions, les mises au "goût du jour" des produits de plus en plus fréquentes, multiplient les difficultés.

La connexion directe des unités de gouverne à un calculateur central, appelée système D.N.C. (Direct Numerical Control), apporte des possibilités considérables :

- suppression des rubans ;
- stockage des programmes en langage symbolique ;
- mise au point des programmes rapide, modification directe du programme symbolique ;
- contrôle précis de la production : nombre de pièces, temps d'usinage, taux et causes des pannes ;
- maintenance préventive par diagnostic périodique.

La gestion des fichiers, les diverses commandes et informations échangées entre le calculateur, les Machines-Outils à Commande Numérique et divers périphériques, ont été définies. Néanmoins, devant la diversité des conceptions des unités de gouverne, la diversité des codes et formats utilisés, le problème de la connexion et de la transmission fiable des informations entre le calculateur et les unités de gouverne, reste délicat.

Nous présentons dans ce mémoire l'étude d'un module d'adaptation programmable, destiné à rendre cette connexion très simple en assurant une très bonne sécurité dans le transfert des informations. Son utilisation est également intéressante hors d'un contexte D.N.C. pour les possibilités qu'il offre dans le cas d'un couplage avec une unité de gouverne de type câblé.

Cette étude a été menée avec le concours de la D.G.R.S.T. et en collaboration constante et active avec l'Agence Nationale pour le Développement de la Production Automatisée (A.D.E.P.A.). Après avoir défini clairement le cahier des charges, nous présentons les solutions apportées aux problèmes d'intérêt majeur. Nous décrivons ensuite la maquette réalisée en justifiant les choix effectués.

I - PRESENTATION GENERALE

I.1. LES SYSTEMES D.N.C.

- En 1968, la Société SUNSTRAND (U.S.A.) introduit le premier système de commande directe de machines-outils à Commande Numérique par calculateur [II].

- Ce système de commande centralisée, basé sur une conception globale de l'automatisation, ne peut être utilisé que dans le cadre d'une installation totalement nouvelle.

Comme nous le montre la figure I.1, ce système regroupe les fonctions principales d'interpolation (I.B.U.) en une unité de contrôle centralisé directement reliée au calculateur. Seules les fonctions de contrôle des asservissements et les fonctions auxiliaires sont décentralisées auprès des machines.

L'opérateur intervient sur l'unité de contrôle centralisé par l'intermédiaire d'un pupitre appelé "MCU" et sur le calculateur à l'aide d'un ensemble clavier-console.

Cette configuration, trop centralisée, est à la merci des pannes du calculateur et de l'unité de contrôle, et présente, d'autre part, peu de possibilités d'évolution.

D'autres systèmes ont été développés dans l'optique d'une décentralisation d'une partie de la commande [III]. Les technologies nouvelles de l'électronique favorisent l'évolution dans ce sens. D'autre part, la nécessité d'implantation de tels systèmes dans des entreprises de moindre taille implique la structure hiérarchisée de la commande telle qu'elle est présentée par la figure I.2 [IV]. Le

nombre relativement faible de machines connectées permet l'utilisation d'une architecture de réseau en étoile, c'est-à-dire composée de liaisons point à point.

En conservant les possibilités offertes par les premiers systèmes, cette structure permet en outre :

- la réutilisation des commandes numériques existantes ;
- la possibilité de retour au fonctionnement en autonome ;
- l'utilisation d'un ordinateur de taille minimale.

Cette structure est rendue possible par le développement d'un adaptateur approprié.

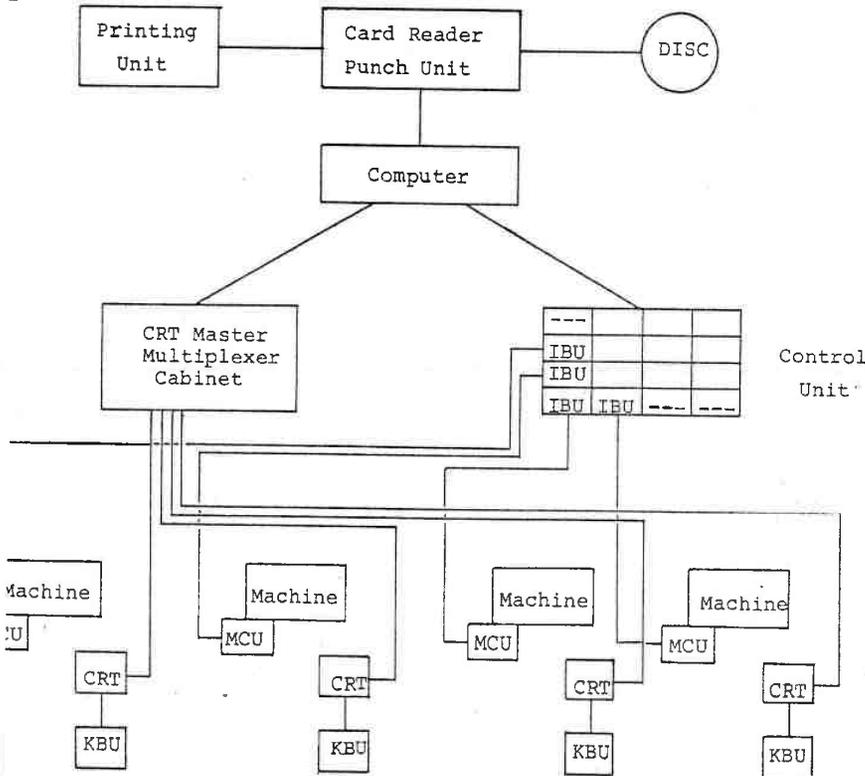


Figure I.1

SYSTEME DNC

commande directe de la machine-outil par ordinateur

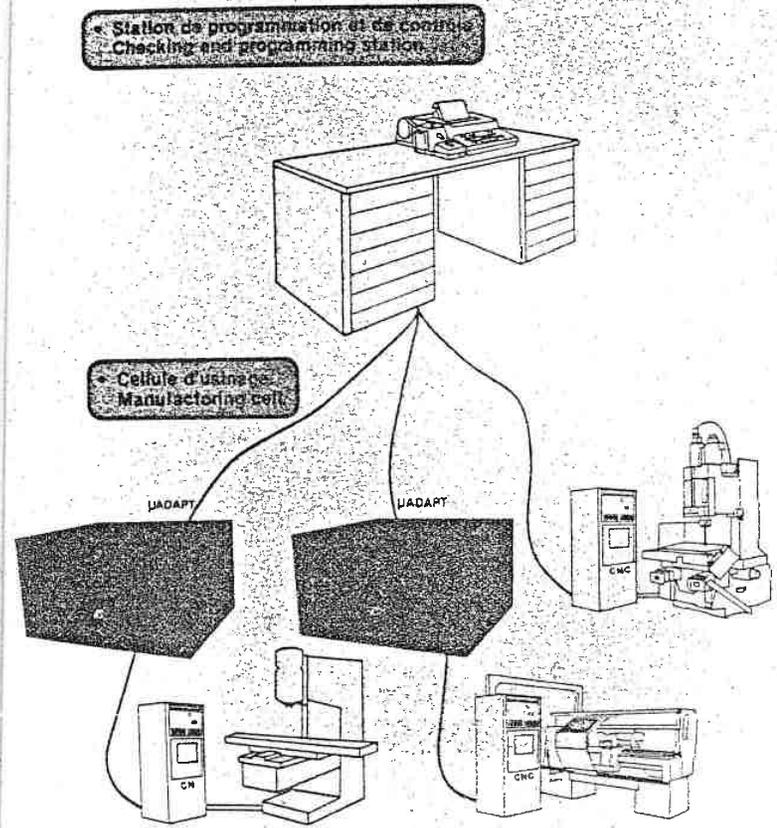


Figure I.2 Structure hiérarchisée

I.2. L'ADAPTATEUR DANS UN SYSTEME D.N.C.

Le module adaptateur doit assurer l'interface entre le calculateur et la machine à commande numérique. Cette fonction est nécessaire dans le cas d'unités de gouverne de type classique et de certains C.N.C. (Computerized Numerical Control). Cet adaptateur standard permet la connexion de tout couple calculateur-machine outil à commande numérique.

Le module adaptateur est, pour l'unité de gouverne, la source du programme-pièce. Il reçoit les informations du calculateur ou éventuellement du lecteur, et les mémorise temporairement. Les programmes mémorisés peuvent également être retransmis au calculateur en vue d'un cataloguage. La connexion à cet adaptateur, d'une console de type "télétype" ou "écran de visualisation + clavier", permet la mise en oeuvre des commandes nécessaires et d'un éditeur de texte.

Cet adaptateur offre des possibilités supplémentaires à la machine, même dans le cas où la liaison avec le calculateur n'est pas établie.

La connexion de l'adaptateur à l'unité de gouverne doit permettre le retour aisé au fonctionnement initial (lecteur directement connecté à l'unité de gouverne).

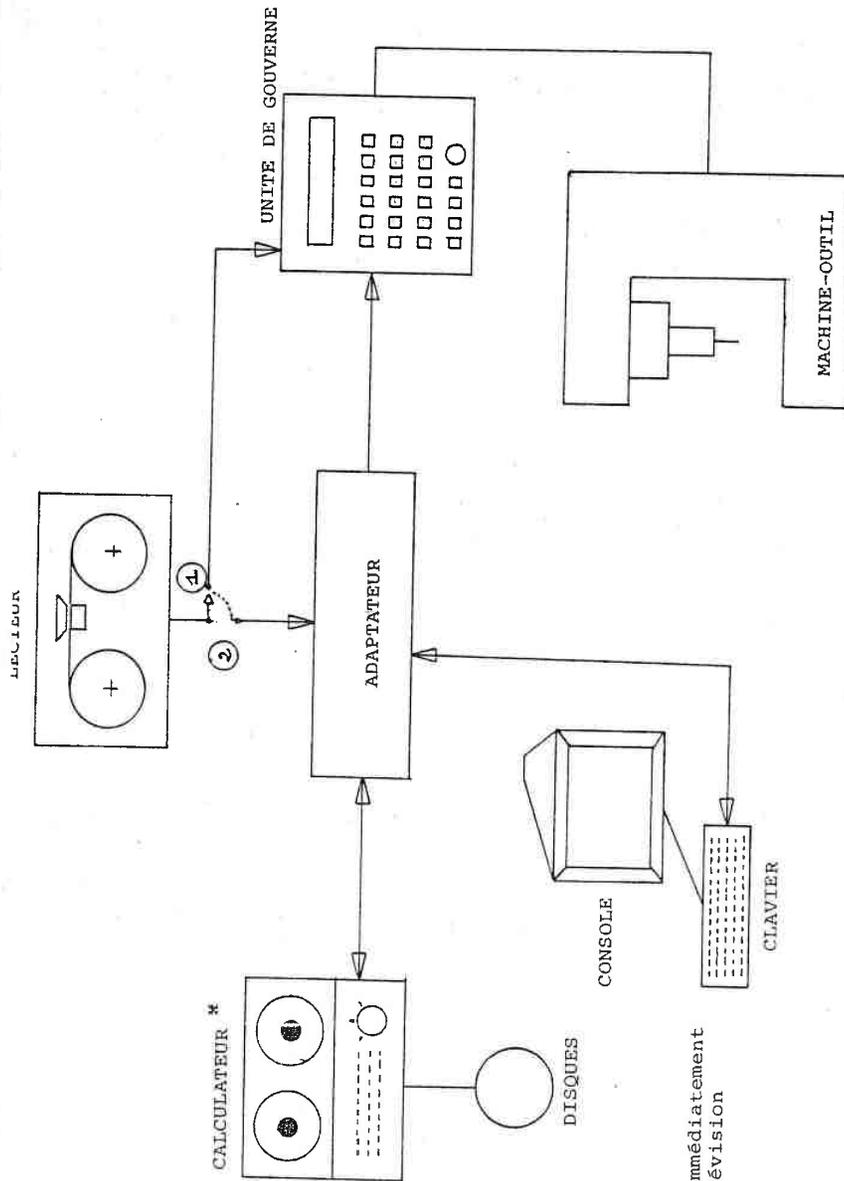
La figure I.3 montre les différentes configurations possibles.

no
t
t
e
t
t
s
c

e
I
l
t
c
:

-

-
M
|
U
|



* Inséré immédiatement
ou en prévision

II - CAHIER DES CHARGES

L'étude de l'adaptateur a débuté par l'établissement d'un cahier des charges précis.

Les choix ont été faits en respectant les principes généraux suivants :

- universalité ;
- simplicité de conception, d'utilisation et de maintenance ;
- facilité de connexion et de retour au fonctionnement initial.

Ces principes doivent permettre une large diffusion auprès des utilisateurs.

II.1. MODES DE FONCTIONNEMENT

L'examen du rôle de l'adaptateur montre que les modes de fonctionnement ne sont définis que par la source du programme-pièce ou par la mise en oeuvre de l'éditeur de texte.

En effet, l'adaptateur est toujours considéré comme un périphérique par l'unité de gouverne pour laquelle il est la source du programme.

Nous pouvons donc distinguer quatre modes de fonctionnement. Le fonctionnement initial de la machine, lecteur connecté à l'unité de gouverne, n'entre pas dans les modes de fonctionnement de l'adaptateur, ce dernier étant alors hors-service.

Figure I.3

II.1.1. Mode "calculateur" :

Le module adaptateur est essentiellement destiné à la connexion simple entre un calculateur et une unité de gouverne. A cette fonction correspond le mode appelé CAL (calculateur).

Dans ce mode de fonctionnement, les données transmises par le calculateur sont mémorisées et l'exécution du programme peut commencer dès réception du premier bloc.

Les échanges d'information s'effectuent suivant un protocole qui en assure la gestion et le contrôle.

II.1.2. Mode "lecteur" :

Le mode correspondant à l'utilisation du lecteur comme source du programme-pièce est le mode LEC (lecteur).

Ce mode est utilisé dans le cas d'une configuration sans calculateur ou en cas de panne de celui-ci. Les informations sont traitées d'une façon analogue à celle employée dans le mode calculateur.

II.1.3. Mode "mémoire" :

Le mode MEM (mémoire) définit la mémoire de l'adaptateur comme source du programme-pièce. Ce mode est particulièrement utile lors d'exécutions successives d'un même programme, ou lors d'exécutions après modifications.

Il permet de moins solliciter le lecteur ou le calculateur central assez chargé dans le cas d'un nombre élevé de machines connectées.

Ce mode implique toutefois que l'adaptateur soit pourvu d'une mémoire de capacité suffisante.

II.1.4. Mode "éditeur" :

Le quatrième mode de fonctionnement retenu est le mode EDI (éditeur).

Des commandes codées, transmises par l'intermédiaire de la console de service, permettent de réaliser les fonctions de correction de programme jusqu'alors réservées aux systèmes C.N.C.

II.2. DIALOGUE OPERATEUR-ADAPTATEUR

L'opérateur doit pouvoir agir de façon simple sur le fonctionnement de l'adaptateur.

Pour cela, l'opérateur doit avoir connaissance du mode de fonctionnement, ainsi que d'informations concernant le déroulement de la tâche en cours. Ce dialogue entre l'opérateur et l'adaptateur est assuré par un bouton-sélecteur de mode, des boutons-poussoirs et des voyants indiquant l'état du système.

La console doit permettre, de manière optionnelle, la visualisation du bloc d'usinage en cours d'exécution. Cette possibilité rend plus agréable le travail de l'opérateur dans le cas d'une console de type "clavier + écran cathodique".

Dans le mode EDI, des commandes codées permettent un dialogue opérateur-adaptateur plus évolué.

II.3. TYPE DE CONSOLE CONNECTABLE

Tout type de console fonctionnant suivant les normes CCITT Avis V24 ou EAI RS232, ou utilisant une boucle de courant 20 mA, doit pouvoir être connecté à l'adaptateur. La vitesse d'échange doit pouvoir être sélectionnée dans la gamme 110-300-600-1200 bauds.

L'opérateur peut ainsi utiliser une console avec trace papier et perforateur de ruban du genre "télétype", ou un ensemble "clavier + écran cathodique" plus agréable d'utilisation et plus économique.

II.4. CAPACITE DE MEMORISATION

La capacité de mémorisation doit être adaptée aux besoins de l'utilisateur. Le mode de mémorisation le plus simple nécessite un octet par caractère, ce qui correspond à une longueur de ruban perforé d'environ 2,5 mètres pour un kilo-octets.

S'il est souhaitable que le programme-pièce puisse être entièrement mémorisé, le système doit tout de même fonctionner dans le cas contraire. La mémoire de stockage de l'adaptateur doit alors être considérée comme un tableau circulaire.

II.5. EDITEUR DE TEXTE

Un éditeur de texte spécialisé doit être développé pour permettre :

- le chargement d'un programme-pièce en mémoire à partir du calculateur, du lecteur ou de la console ;

- la visualisation d'un bloc d'usinage ou de l'ensemble du programme mémorisé ;
- la correction de programmes par insertion, suppression de blocs complets ou de caractères.

II.6. CONNEXION AUX UNITES DE GOUVERNE

Pour délivrer les données nécessaires à l'unité de gouverne à la place du lecteur de ruban, l'adaptateur doit les transmettre sous la même forme que celui-ci.

Un recensement des modalités de fonctionnement des lecteurs utilisés sur les unités de gouverne, qui ne peut être exhaustif, montre que les données sont transmises, soit en parallèle sur huit bits, soit en série avec ou sans contrôle de parité paire ou impaire.

Dans le premier cas, il existe deux modes de prise en compte des informations :

- L'unité de gouverne émet un signal qui correspond initialement à l'ordre d'avance d'un pas du lecteur, et prend la donnée lorsqu'elle reçoit un signal sur une ligne de validation (figure II.1).
- La machine émet le même signal que précédemment et saisit la donnée au bout d'un temps déterminé (figure II.2).

Dans le cas d'une transmission série asynchrone, l'unité de gouverne émet un signal de demande d'information. La donnée est prise en compte après réception du nombre de bits correct (dix en général). La liaison est du type boucle de courant, avec découplage optoélectronique. Ces trois types d'acquisition des informations peuvent être rencontrés ; il est donc nécessaire de prévoir la gestion

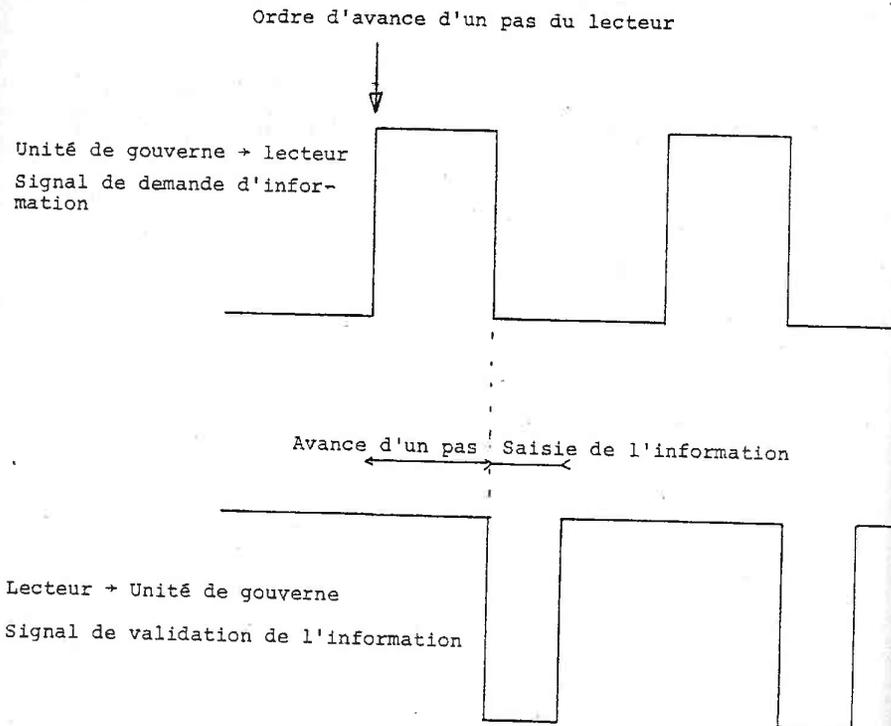


Figure II.1 : Prise en compte asynchrone des informations en mode parallèle

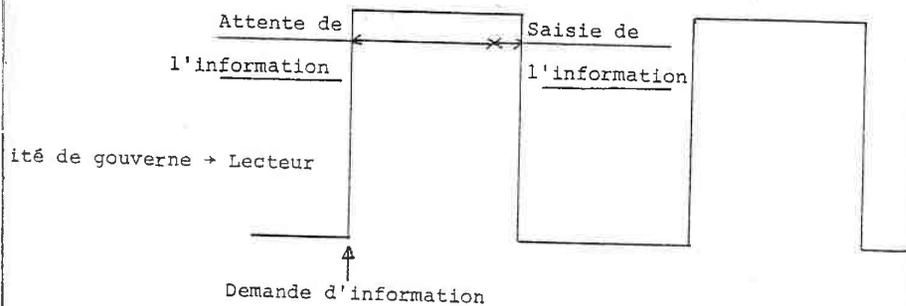


Figure II.2 : Prise en compte synchrone des informations en mode parallèle

des signaux correspondants. Néanmoins, afin de permettre l'utilisation d'autres périphériques que le lecteur, les constructeurs d'unité de gouverne tendent à employer plus fréquemment le mode de transmission série asynchrone, avec des liaisons du type boucle de courant.

II.7. LIAISON CALCULATEUR-ADAPTEUR ; MODALITES D'ECHANGE

Les liaisons utilisées dans un tel système ont des longueurs allant jusqu'à 500 mètres et traversent un environnement parasité. Elles doivent néanmoins permettre une transmission faible ne mettant en oeuvre qu'un matériel simple.

Pour permettre au calculateur central de dialoguer sans problème avec plusieurs unités de gouverne, la vitesse d'échange doit être assez élevée. Un protocole doit garantir la synchronisation des échanges et la fiabilité de la transmission.

II.8. STRUCTURE DU PROGRAMME-PIECE

Tout programme-pièce est constitué d'une suite de blocs de format standard. Outre l'information utile, chaque bloc comporte un numéro (facultatif) et un caractère de fin ("Line Feed"). En fait, le caractère de fin est souvent précédé d'un caractère supplémentaire utile pour l'édition du programme sur un périphérique ("carrier return").

L'ensemble des blocs d'information est délimité par des blocs spéciaux de début et de fin.

Les caractères constituant ces blocs n'étant pas définis de façon standard, il est nécessaire de les introduire lors de la connexion de l'adaptateur à l'unité de gouverne.

Le programme-pièce se présente donc sous la forme suivante :

- un bloc de début :

{	caractère de début (en général "§")
	"CR"
	"LF"

- des blocs d'information :

{	numéro de bloc (facultatif)
	information utile
	"CR"
	"LF"

- d'un bloc de fin : caractère de fin (en général "Xoff" ou "§")

III - SOLUTION THEORIQUE

La conception d'ensemble de l'adaptateur ne présente pas de particularité. Le système réalise des fonctions pour lesquelles les conflits éventuels de ressource peuvent être réglés par des tests d'indicateurs. Cependant, deux aspects de l'étude présentent un intérêt plus spécifique :

- la définition et la conception de l'éditeur de texte ;

- la définition et la conception de la liaison calculateur-adaptateur.

Nous les présentons dans ce chapitre, en deux parties.

PARTIE A : L'ÉDITEUR DE TEXTE

L'éditeur de texte doit permettre :

- le chargement d'un fichier en mémoire à partir du calculateur, du lecteur, ou de la console de service ;
- la visualisation d'un bloc ou de l'ensemble d'un programme mémorisé ;
- des opérations de modifications de blocs complets et de caractères pour la mise au point du programme mémorisé.

Nous avons défini trois catégories de commandes : les commandes de chargement de programme, les commandes d'opérations sur blocs, et les commandes d'opération sur caractères.

Les commandes se terminent toutes par un caractère de validation matérialisé par le signe "=". Après prise en compte, la commande est analysée. Toute erreur de syntaxe est signalée à l'opérateur par l'édition d'un message sur la console, mentionnant la nature de l'erreur. L'opérateur peut alors retaper la commande correcte.

S'il n'y a pas d'erreur syntaxique, la commande est traitée. Deux cas se présentent alors :

- la commande est implicite et l'exécution de l'opération correspondante ne nécessite pas de précisions supplémentaires. Après validation de la commande, l'opération est effectuée. La fin de l'exécution est signalée à l'opérateur par affichage du caractère "x" sur la console de service. Une nouvelle commande peut alors être frappée ;
- si par contre la commande n'est pas implicite, ce qui est le cas des commandes de création de fichier à partir de la console, d'insertion et de remplacement de blocs, l'adaptateur signale, par affichage du caractère "x" sur la console, qu'il est prêt à recevoir les informations manquantes en vue de l'exécution. L'opérateur peut alors taper ces informations (blocs d'usinage).

A.1 : Commandes de chargement de programme :

. CA =

Cette commande, effectuée en mode éditeur, permet d'accéder à toutes les possibilités offertes par le mode calculateur. Cette commande est donc nécessairement suivie d'une des commandes du mode calculateur que nous décrivons au chapitre B.2.4.3.

. LE =

Cette commande permet le chargement d'un programme-pièce à partir du lecteur.

. CO =

Cette commande permet la création d'un programme depuis la console. Si la syntaxe de la commande est correcte, l'adaptateur édite sur la console le caractère "x". L'opérateur peut alors frapper sur le clavier le ou les caractères constituant le bloc désiré. Hormis le caractère de fin de programme qui est immédiatement mémorisé, la prise en compte d'un bloc par l'adaptateur n'est effective qu'après réception des caractères de fin de bloc "CR" et "LF". L'opération de mémorisation est alors effectuée. L'édition du caractère "x" sur la console de service autorise la frappe d'un nouveau bloc.

L'opérateur peut arrêter la création du programme en frappant le caractère "#". La bonne réception de ce caractère est signalée par l'édition du caractère "x".

Exemple :

```

CO = x
Caractère de → % CR LF
début de programme x
N 1 X 2 3 Y -34000 RC LF
x
.
.
x
Xoff ← Caractère de fin de
programme
#
x

```

x : caractère émis par l'adaptateur.

A.2 : Commandes d'opérations sur blocs :

. SB : X,Y =

Cette commande est utilisée pour la suppression des blocs dont les numéros sont compris entre X et Y inclus.

La suppression du bloc X peut s'écrire :

SB : X,X = ou SB : X =

. IB : X =

Cette commande permet l'insertion du texte désiré (blocs au format standard) derrière le bloc de numéro X. Le traitement de cette commande est analogue à celui de la commande CO = .

Exemple :

```

I B : 1 0 0 = *
N 1 0 1 X 2 0 0 0 0 Z - 4 0 0 0 0 CR LF
*
N 1 0 2 ....
*
.
.
*
#
*

```

* : caractère émis par l'adaptateur.

. RB : X,Y =

Cette commande est une combinaison des commandes SB et IB. Les blocs numérotés de X à Y inclus sont supprimés et remplacés par ceux frappés après la commande. Le nombre et la longueur des blocs supprimés peuvent être différents de ceux insérés.

Le remplacement du bloc X peut s'écrire :

RB : X,X = ou RB : X =

Exemple :

```

R B : 5 , 1 2 = *
N 6 X 3 0 0 0 Y 5 0 CR LF
*
N 7 X 1 0 0 CR LF
*
#
*

```

* : caractère émis par l'adaptateur.

. P : X,Y =

La commande P : X,Y = permet la visualisation des blocs dont les numéros sont compris entre X et Y inclus. La visualisation du bloc X peut s'écrire :

P : X,X = ou P : X =

. P =

Cette commande permet la visualisation de tout le programme. Elle peut être utilisée pour la création du ruban perforé correspondant au programme mémorisé.

A.3. Commandes d'opérations sur caractères :

Les opérations sur caractères nécessitent l'emploi d'un pointeur de caractères dont l'opérateur doit connaître l'emplacement. A l'état initial, le pointeur est placé en début de programme. Il se déplace toujours vers la fin du programme et peut être ramené en position initiale par une commande spéciale.

. V : chaîne de caractères =

Cette commande permet de déplacer le pointeur derrière la première chaîne de caractères du programme, rencontrée à partir de l'emplacement actuel du pointeur, identique à celle frappée dans la commande. Le bloc complet est visualisé.

. SC : n = (n compris entre 1 et 9)

Par cette commande, l'opérateur peut supprimer les n caractères qui sont placés derrière le pointeur.

I . IC : (texte) =

Cette commande permet l'insertion du texte (caractères hormis les caractères de fin de bloc "CR" et "LF") derrière l'emplacement du pointeur.

. RC : texte =

Cette commande permet le remplacement, en nombre identique, des caractères situés derrière le pointeur, par ceux contenus dans le texte. Le texte ne doit pas comprendre de caractères de fin de bloc.

. D =

Cette commande permet le déplacement du pointeur en début de programme.

Remarque : Trois caractères ont une action particulière :

"." : placé derrière un chiffre, le caractère "." représente la contraction de trois zéros.

"g" : ce caractère annule le dernier caractère frappé sur le clavier, sauf le caractère de validation ("LF"). Le nombre de "g" frappés consécutivement peut être égal au nombre de caractères de la ligne en cours de frappe.

"<" : ce caractère annule la ligne en cours de frappe.

Cinq types d'erreur peuvent être détectés par l'adaptateur. Les messages codés correspondants ont la signification suivante :

- ERREUR C : capacité mémoire maximum atteinte ;
- ERREUR D : commande de longueur dépassant 80 caractères ;
- ERREUR E : syntaxe de la commande incorrecte ;
- ERREUR F : bloc de départ non trouvé ou chaîne de caractères non trouvée ;
- ERREUR G : bloc d'arrivée non trouvé.

PARTIE B : LIAISON CALCULATEUR-ADAPTATEUR

Une liaison de ce type comprend un support matériel qui assure le transfert des informations, et un protocole qui gère les échanges effectués.

Nous décrivons dans ce paragraphe les solutions que nous avons adoptées, tant au niveau du matériel que du protocole.

B.1. Etude de la liaison matérielle :

Pour des raisons de fiabilité, de simplicité, et de vitesse d'échange, la transmission de type série asynchrone nous paraît être la mieux adaptée à notre cas.

Une telle transmission peut être réalisée dans les ateliers à l'aide de deux types de support :

- une liaison électrique du type boucle de courant,
- une liaison par fibres optiques.

B.1.1. Liaison du type boucle de courant avec couplage opto-électronique :

Ce type de liaison permet une transmission fiable sur une distance allant jusqu'à 450 mètres, tout en étant simple et peu onéreuse. Néanmoins, cette liaison n'est pas parfaitement insensible aux perturbations électriques ou électromagnétiques.

Comme le montre le schéma III.1, la liaison par boucle de courant est de conception simple. Le principe consiste à laisser circuler ou non un courant dans une boucle pour matérialiser un état logique égal à zéro ou à un. L'établissement ou non du courant résulte de l'état du transistor émetteur. Lorsque celui-ci est passant,

le courant circule librement dans la boucle, et donc dans la diode de réception du photocoupleur qui induit un état logique égal à zéro. Inversement, en absence de courant, celle-ci induit un état logique égal à un.

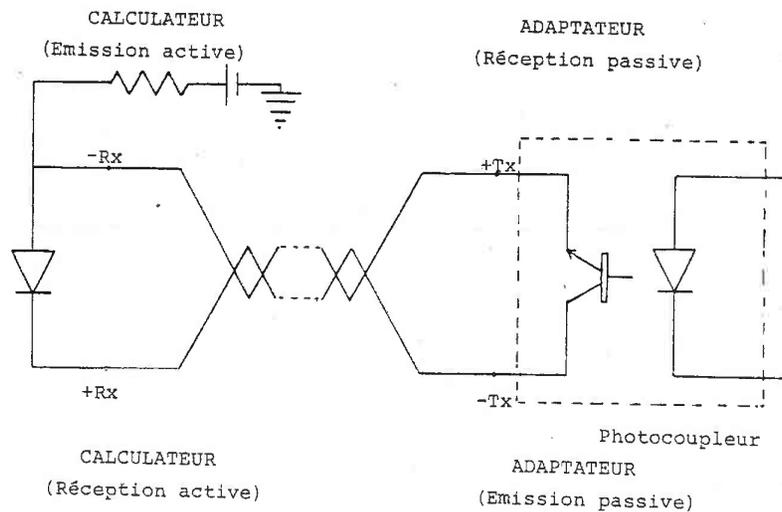
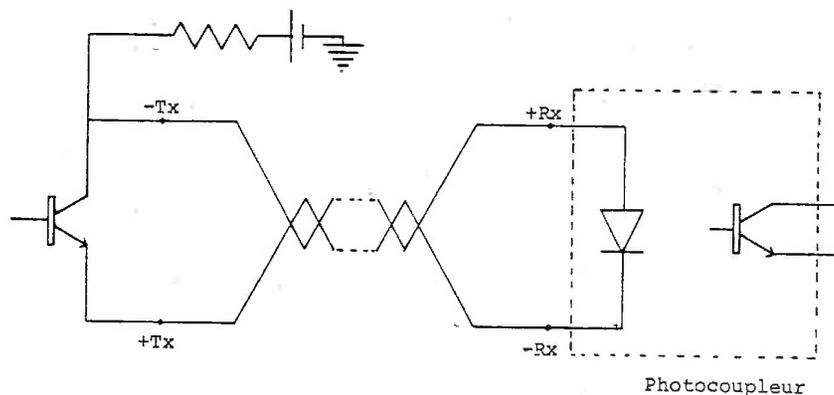


Schéma III.1 : Liaison type boucle de courant 20 mA

Une liaison bidirectionnelle duplex est composée d'une boucle de réception et d'une boucle d'émission fonctionnant sur le même principe. Chaque boucle est constituée d'un côté passif et d'un côté actif, étant entendu qu'un côté est dit actif lorsqu'il possède sa propre source de courant. En ce qui nous concerne, le calculateur est actif alors que l'adaptateur est passif. Nous avons fixé la valeur du courant de circulation à l'état passant à 20 mA. Cette valeur peut être portée à 60 mA sans inconvénient.

B.1.2. Liaison par fibres optiques :

Alors que les inconvénients des fibres optiques semblent pouvoir être réduits, voire complètement éliminés dans un avenir relativement proche, leurs avantages par rapport aux transmissions classiques par câbles métalliques, sont acquis définitivement [V]. Certains de ces avantages laissent entrevoir de larges possibilités dans de nombreux domaines où ils imposent l'utilisation des fibres optiques [VI]. Quelques automatismes ont été réalisés à titre expérimental avec des liaisons de ce type, et déjà certains constructeurs envisagent l'utilisation de celles-ci dans leur prochain automate programmable et armoire de gouverne de commande numérique [VII] [VIII].

Parmi les avantages que présentent les fibres optiques, l'insensibilité aux parasites électriques et magnétiques est celui qui rend leur utilisation particulièrement intéressante pour la transmission numérique en milieu industriel. En effet, de par la nature diélectrique de la fibre, la communication optique est parfaitement insensible aux parasites électromagnétiques quel que soit leur niveau. Les autres principaux avantages que présente la technologie des fibres optiques, sont la faible atténuation, les gains en poids et en volume, ainsi qu'une capacité de transmission importante. Ces propriétés sont particulièrement intéressantes dans des domaines tels que

l'aéronautique et les Télécommunications. Elles présentent un intérêt moindre dans le cas d'applications industrielles. Par ailleurs, leur fabrication à base de silice, matière première qui, contrairement au cuivre, est extrêmement répandue dans la nature, présente un réel intérêt économique.

Bien qu'ayant de nombreux avantages sur les liaisons de type "classique", les liaisons par fibres optiques présentent encore quelques inconvénients qui résultent plutôt d'un état d'avancement des études et des réalisations encore insuffisant. La plupart de ces inconvénients devraient disparaître rapidement. Nous citerons deux inconvénients parmi lesquels le premier est d'ordre technique. En effet, la diode laser assurant l'émission présente une fiabilité encore insuffisante pour être utilisée dans des domaines tels que les communications. Cependant, des progrès augmentant la durée de vie de la diode laser sont attendus. Ce problème ne concerne pas vraiment les liaisons de courte distance dont nous avons besoin. Le deuxième inconvénient qui rebute l'utilisateur est le prix encore élevé des fibres optiques. Ce prix (de l'ordre de 25 francs le mètre) principalement dû à la complexité des technologies de fabrication et à la faiblesse des quantités produites, limite pour l'instant leur emploi. Là encore, le développement de la technologie et l'évolution du marché devraient permettre de rapides progrès.

Malgré ces inconvénients, tous les spécialistes s'accordent à penser que les débouchés des fibres optiques sont importants. Dans le cadre de notre application, il nous a paru particulièrement intéressant d'étudier une liaison par fibres optiques entre le calculateur et l'adaptateur. Tout système de transmission par fibres optiques transforme un signal électrique en un signal lumineux, véhicule ce signal et le restitue dans sa forme d'origine [IX] [X].

Comme nous le montre le schéma III.2, ce système est donc constitué :

- d'un module électronique transformant le signal électrique en un signal de commande d'un émetteur optoélectronique ;
- d'un émetteur optoélectronique (diode électroluminescente ou diode laser) qui opère la conversion-courant-lumière ;
- d'une fibre optique en verre, en silice fondue ou en matériau plastique, protégée et câblée pour véhiculer le signal lumineux avec un minimum de déformation ;
- d'un récepteur optoélectronique assurant la conversion lumière-courant ;
- d'un module électronique rendant utilisable le signal transmis par la photodiode.

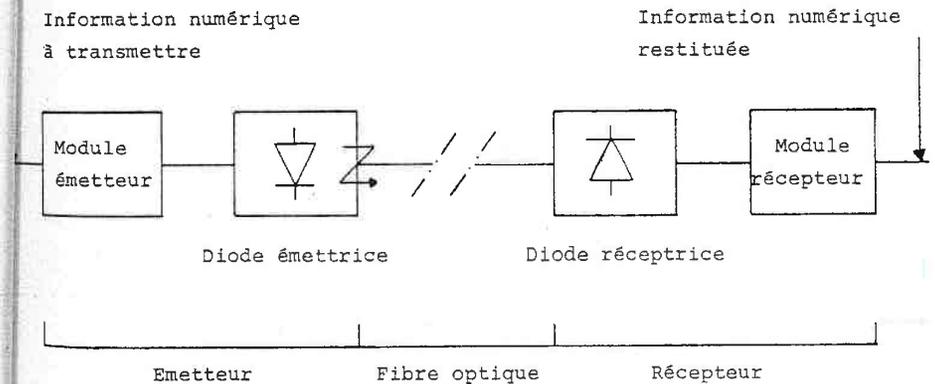


Schéma III.2 : Synoptique d'une transmission numérique par fibre optique

Le synoptique ci-dessus met en évidence trois parties principales : la fibre optique proprement dite, le bloc émetteur et le

bloc récepteur.

Afin de déterminer les caractéristiques de chacun de ces éléments nécessaires à la réalisation de notre application, nous avons étudié chacun d'entre eux.

B.1.2.1. Les fibres optiques :

Une fibre optique est un guide d'ondes cylindrique composé de deux matériaux transparents d'indices de réfraction différents. Nous pouvons distinguer trois principaux types de fibres optiques : les fibres multimodes à saut d'indice, les fibres monomode, les fibres multimodes à gradient d'indice.

- Les fibres multimodes à saut d'indice (figure III.3), sont constituées d'un coeur d'indice n_1 et d'une gaine d'indice n_2 inférieur à n_1 . Selon les angles d'incidence, les rayons lumineux suivent des trajets en lignes brisées de longueurs différentes. Il y a donc, pour une seule impulsion à l'entrée, autant d'impulsions décalées à la sortie que de parcours différents. Il apparaît que dans ce mode de propagation, plus la fréquence des impulsions à l'entrée est élevée, plus les groupes d'impulsions à la sortie se resserrent jusqu'à se confondre. Il existe donc une limitation de la bande passante.

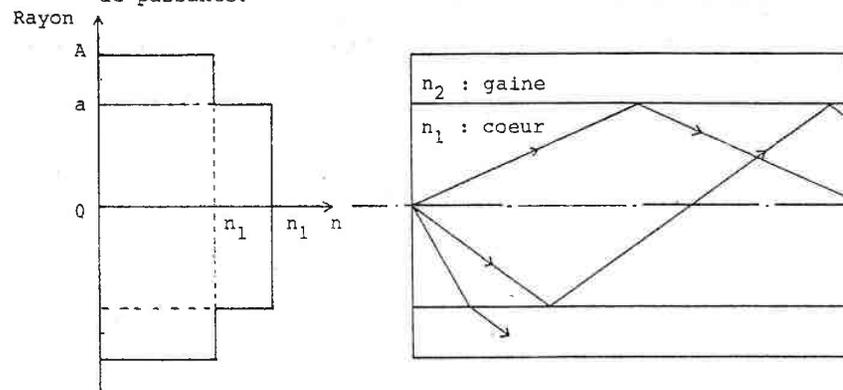


Figure III.3 : Fibre optique multimodes à saut d'indice ou à échelon d'indice

- Les fibres monomode à saut d'indice (figure III.4) constituées elles aussi de deux matériaux d'indice de réfraction différents, permettent d'éliminer les trajectoires en lignes brisées pour ne conserver que le rayon axial. Ce tri est réalisé, soit en diminuant le rayon du coeur, soit en diminuant la différence entre les indices de réfraction du coeur et de la gaine. La réduction du diamètre du coeur est limitée, car elle rend plus difficile la réalisation d'un bon alignement entre deux fibres successives.

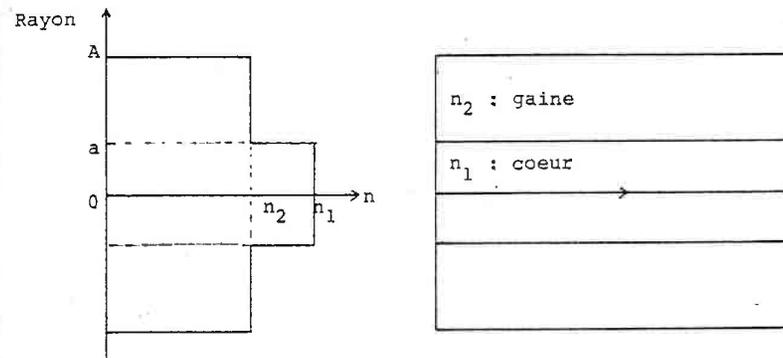


Figure III.4 : Fibre optique monomode

- Les fibres à gradient d'indice (figure III.5) semblent apporter la solution idéale. Le principe d'une telle fibre est de véhiculer la lumière plus vite le long des trajectoires en lignes brisées, de façon que toutes les impulsions arrivent en même temps à la sortie. Nous savons que la vitesse de la lumière dans un corps transparent est inversement proportionnelle à l'indice de réfraction du corps. Il suffit donc de faire diminuer progressivement l'indice de réfraction lorsqu'on s'écarte de l'axe de la fibre pour obtenir le résultat annoncé. Ces fibres sont plus délicates de réalisation, et donc plus coûteuses.

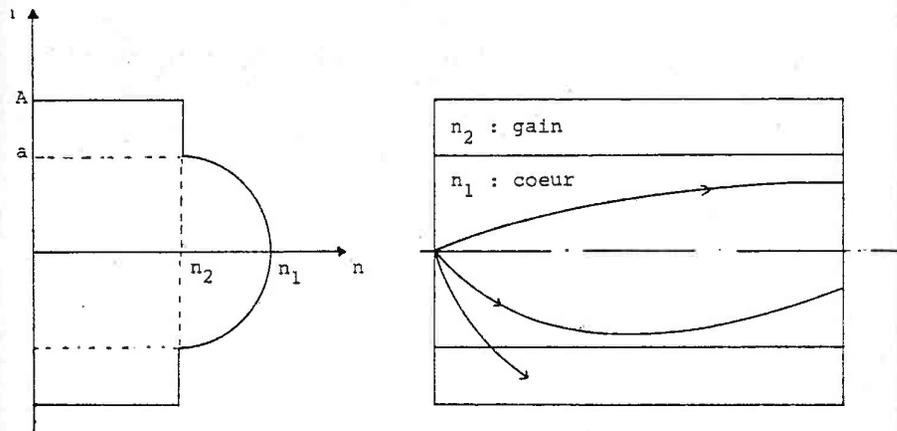


Figure III.5 : Fibres à gradient d'indice

Trois caractéristiques principales permettent de définir la qualité d'une fibre optique. Ce sont :

- l'atténuation,
- la bande passante,
- l'ouverture numérique.

- L'atténuation est essentiellement due à l'absorption du matériau constituant le coeur et à la diffusion latérale. L'atténuation est donc proportionnelle à la longueur de la liaison. Mais l'absorption est aussi fonction de la longueur d'onde du rayonnement lumineux (figure III.6), et croît avec la teneur en certains impuretés [XI].

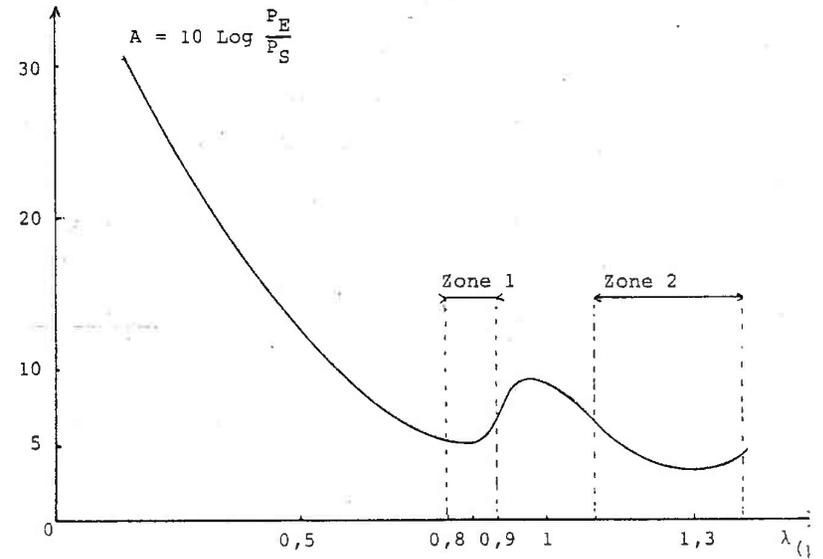


Figure III.6 : Courbe d'atténuation spectrale d'une fibre optique

- Une impulsion lumineuse entrant dans la fibre se retrouve toujours déformée et élargie à la sortie. Il en résulte que des signaux ne seront séparables à la réception que si leur fréquence d'émission n'excède pas une certaine valeur. Cette limite en fréquence définit la bande passante du système de transmission.

L'effet de dispersion traduit par l'élargissement des impulsions (figure III.7) est principalement dû à l'absorption par le matériau, et peut être considéré comme proportionnel à la longueur de la fibre.

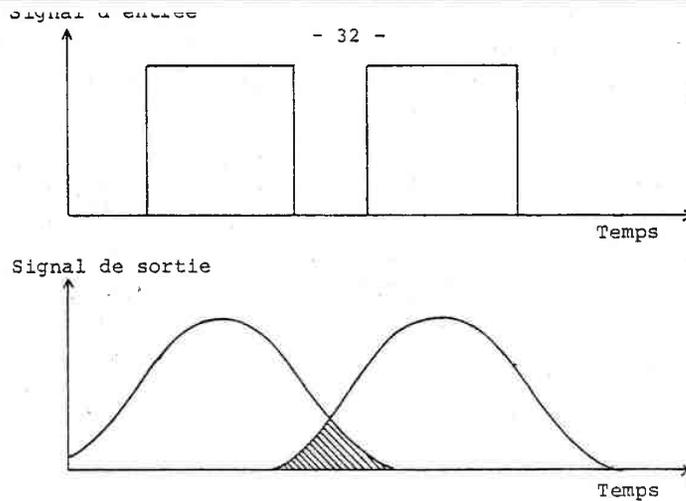


Figure III.7 : Elargissement et chevauchement des impulsions lumineuses sortant de la fibre

- Enfin, l'ouverture numérique détermine la fraction de puissance lumineuse du rayonnement incident, admise par la fibre. Pour que les rayons puissent se propager dans le coeur de la fibre, il faut que leur inclinaison par rapport à l'axe de la fibre soit inférieure à une valeur limite θ_m définie par $\cos \theta_m = n_2/n_1$. De plus, les rayons lumineux entrant dans la fibre proviennent d'un milieu d'indice n_0 . Il existe là encore (figure III.8) un angle limite θ'_m de réfraction, au-delà duquel les rayons sont réfléchis. On obtient donc : $\sin \theta'_m = \frac{n_1}{n_0} \sin \theta_m = \sqrt{\left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2 - \left(\frac{n_2}{n_0}\right)^2}$. Cette quantité est appelée ouverture numérique et est déterminante pour la qualité d'un couplage entre fibres.

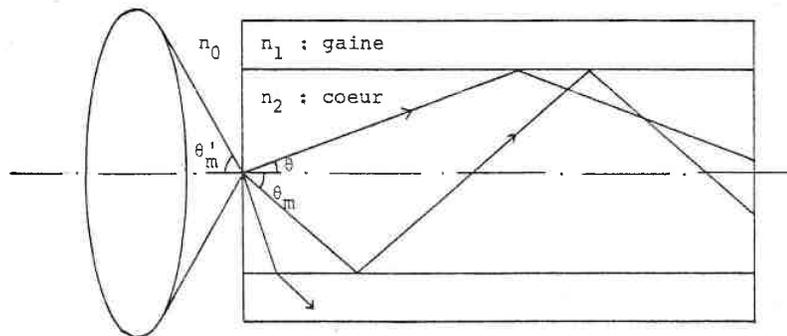


Figure III.8 : Ouverture numérique d'une fibre

Les qualités requises varient suivant le domaine d'application. L'utilisateur choisit la fibre dont les qualités correspondent le mieux à ses besoins. Dans notre cas, la vitesse d'échange étant assez faible, la bande passante n'est pas un critère déterminant alors qu'une faible atténuation est nécessaire pour des liaisons de longueurs importantes.

B.1.2.2. Le bloc émetteur :

La courbe d'atténuation spectrale (figure III.9) montre qu'il existe deux zones de faible atténuation. Seule la première zone (de l'ordre de 0,85 microns) est utilisée au niveau industriel. L'émetteur est soit une diode électroluminescente (D.E.L.) qui émet une lumière incohérente, soit une diode laser qui émet une lumière cohérente. Toutes deux sont des composants à base d'arseniure de Gallium. Les caractéristiques principales des émetteurs sont :

- le rendement de couplage avec la fibre optique ;
- la fréquence limite d'émission ;
- la durée de vie.

Le rendement du couplage dépend de la technologie utilisée pour celui-ci, et donc de la nature de la diode émettrice.

La diode planar/mesa de conception simple est couramment utilisée du fait de son prix intéressant. Mais son rendement n'est que de quelques pour-cent.

Les diodes Edge (D.E.L.) et laser ont des rendements respectifs de 10% et de 50%.

La fréquence limite d'émission et la durée de vie sont fonctions de la nature de la diode utilisée : diode électroluminescente ou diode laser. Les temps de montée et de descente des signaux émis par les diodes électroluminescentes, sont de l'ordre de 5 à 10 ns, et de 0,1 à 5 ns pour les diodes laser. Les fréquences autorisées sont respectivement de 50 à 100 MHz et de quelques gigahertz.

Les durées de vie des diodes électroluminescentes et diodes laser atteignent respectivement les valeurs de 100 000 heures et 20 000 heures. Ces valeurs sont encore faibles, mais devraient être rapidement augmentées.

Pour des liaisons de longueurs importantes, c'est-à-dire dans les Télécommunications, la puissance d'émission intervient également comme critère de choix.

B.1.2.3. Le bloc récepteur :

De même que pour le bloc émetteur, seule la zone de longueurs d'ondes comprises entre 0,8 et 0,9 microns est utilisée au niveau industriel. Des photodétecteurs de longueurs d'ondes comprises entre 1 et 1,4 microns, sont encore à l'étude.

Il existe actuellement deux types de photodétecteurs :

- les diodes P.I.N., à couche isolante ou intrinsèque,
- les diodes P.π.P.N., à avalanche.

Dans le cas des diodes P.π.P.N., un phénomène d'avalanche provoqué par le sous-dopage d'une partie de la couche P, permet de multiplier par un facteur 100 le courant photoélectrique produit. Ce phénomène d'avalanche autorise des fréquences d'utilisation supérieures.

La surface de réception étant nettement supérieure à la section droite de la fibre, le problème du couplage rencontré lors de l'émission ne se pose pas.

Par contre, le préamplificateur situé en aval de la photodiode doit être choisi avec soin.

Parmi les caractéristiques énoncées lors de la description de la fibre, du module émetteur et du module récepteur, la fréquence d'échange, la longueur de la liaison, donc l'atténuation, ont guidé notre choix. Le couplage entre la fibre et les modules d'émission et de réception est difficile à réaliser, et nécessite un matériel spécialisé. Nous avons donc choisi un système préassemblé. Le prix est également un élément déterminant. Parmi les systèmes possibles, nous avons retenu celui commercialisé par la Société Hewlett-Packard, qui garantit des caractéristiques suffisantes dans le cadre de notre application :

- fréquence : 100 Mega bits/s ;
- taux d'erreurs : 10^{-9} bits ;
- atténuation : $\alpha_0 = 16$ dB/km $\lambda = 0,7 \mu$.

La diode émettrice est une diode électroluminescente (la diode laser serait inutile compte tenu du faible débit d'informations).

La diode réceptrice est une diode P.I.N.

Une liaison bidirectionnelle d'une longueur de 50 mètres entre le calculateur et l'adaptateur, a été réalisée à partir du système HFBR (figure III.9).

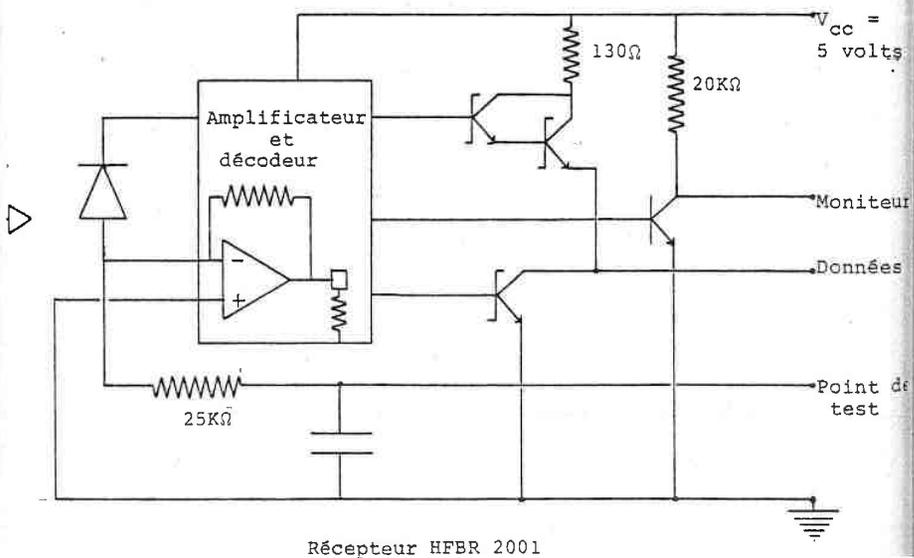
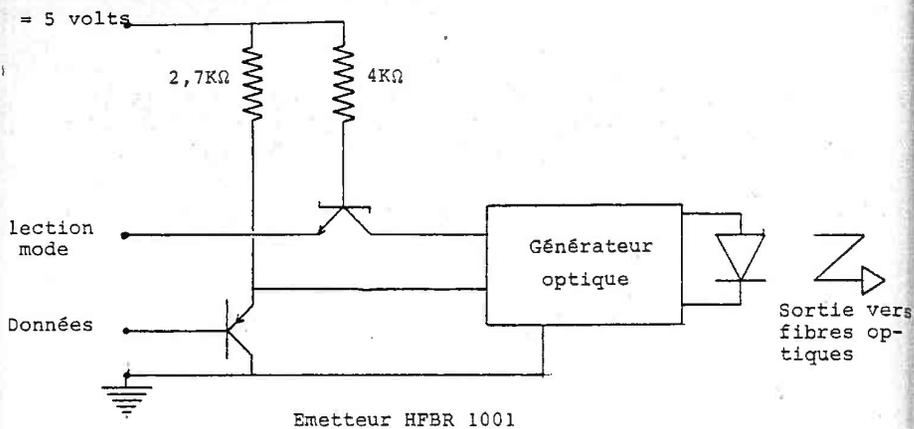


Figure III.9 : Schéma de l'émetteur et du récepteur

Les délais de livraison, très longs, du matériel, ne nous ont pas permis d'effectuer des essais de cette liaison. Le matériel maintenant disponible va nous permettre d'entreprendre une étude comparative de la liaison électrique et de la liaison optique. Cette étude va comprendre une grande série d'essais dans un environnement particulièrement défavorable. Nous disposerons alors de tous les éléments nécessaires au choix du type de liaison.

B.2. Protocole d'échanges calculateur-adaptateur :

La transmission de données à distance entre un émetteur et un récepteur n'est, en principe, qu'un échange d'informations entre deux équipements. Néanmoins, et même si la voie de transmission est d'une parfaite fiabilité, un minimum de synchronisation dans les échanges est indispensable. En effet, pour permettre à l'émetteur de savoir si le message émis est arrivé, le récepteur émet une information de contrôle appelée acquittement. Cette fonction élémentaire mais indispensable est une des fonctions assurées par le protocole. Le protocole, dans une liaison point à point, a pour rôle :

- d'effectuer le transfert des informations utiles ;
- de protéger l'information contre les erreurs de transmission ;
- d'assurer les reprises en cas d'anomalies.

L'objet de ce chapitre est donc d'étudier comment sont réalisés la coordination des divers transferts et le codage des informations, afin de rendre la transmission sûre, efficace et l'information reçue compréhensible.

Des protocoles de dialogue existent pour les transmissions synchrones, qui travaillent au niveau du bit et qui sont utilisés dans les réseaux d'ordinateurs. Ce sont par exemple les protocoles HDLC (High-level Data Link Control) et SDLC (Synchronous Data Link Control). Les transmissions asynchrones travaillent en mode caractè-

re, et peu de protocoles existent. Nous avons dû en développer un adapté à notre application.

Le protocole d'échange que nous avons adopté est simple, indépendant de la nature des informations échangées, et assure la fiabilité de la transmission.

Un protocole d'échange met en oeuvre un ensemble d'opérations qui accompagnent l'envoi des données. De ce fait, les messages sont classés en deux catégories : les messages d'informations utiles et les messages de service qui assurent la gestion des échanges. De plus, un codage des informations est nécessaire pour assurer leur compréhension.

B.2.1. Codage des informations :

Le codage des informations permet leur identification par le récepteur et le contrôle des messages.

Codage des caractères :

Les messages sont constitués de caractères codés ASCII (American Standard Code for Information Interchange). Chaque caractère est codé sur sept bits d'information utile, auxquels est ajouté un bit de parité qui rend pair le nombre de "un" du mot de huit bits.

Nous verrons comment ce codage intervient dans le contrôle de la transmission.

Séparation :

Le début d'un message d'information est signalé par un caractère spécial, facilement identifiable. En fait, comme nous le précisons dans la description des messages d'informations, nous avons uti-

lisé plusieurs caractères, chacun d'eux correspondant à un traitement ultérieur différent.

La bonne séparation des messages nécessite la détection de la fin de chacun d'eux. Pour cela, deux solutions peuvent être employées :

- Le format bloqué, pour lequel le nombre de caractères de l'information est fixe, en général quatre-vingt. Quelle que soit sa longueur, l'information utile est alors complétée par des caractères "blancs" jusqu'à obtention de la longueur imposée.

Nous voyons qu'avec ce choix, nous disposons d'un moyen simple et efficace de détection de fin de message. Il suffit, en effet, que la réception d'un caractère entraîne l'incréméntation d'un compteur de caractères. Ce compteur signale la fin du message lorsqu'il atteint la valeur quatre-vingt.

Dans notre cas, l'information utile est surtout composée de blocs de commande numériques formés, en moyenne, de trente cinq caractères. L'utilisation du format bloqué impose donc une des deux contraintes suivantes :

- chaque message ne contient qu'un bloc complété par des "blancs". Le rendement de la transmission est alors si faible que cette solution est exclue ;
- chaque message contient le maximum de caractères utiles, ce qui impose un découpage ne correspondant pas à la structure en blocs. Dans ce cas, un traitement supplémentaire est nécessaire.

- Le format libre, pour lequel le nombre de caractères utiles de chaque message est variable et correspond à la longueur du bloc transmis.

La longueur de l'information n'étant pas prédéterminée, un caractère spécial "ETB" indique la fin de tout message. Le choix de ce format diminue la fiabilité de la transmission.

En effet, à la suite d'une erreur de transmission non décelée, la fin du message peut ne pas être détectée. Pour cette raison, il serait judicieux de placer, juste avant l'information utile, un caractère binaire indiquant la longueur exacte du message transmis. Dans ce cas, la réception de chaque caractère entraîne l'incréméntation d'un compteur de caractères réinitialisé au début de chaque message. L'indication longueur fournie par l'émetteur et l'indication compteur sont alors comparées.

Simultanément, le caractère reçu est comparé avec le caractère de fin de message.

Si les deux égalités précédentes sont vérifiées, le message est intégralement reçu.

Si, par contre, une et une seule des deux égalités est vérifiée, le message est considéré comme mal transmis.

Cette redondance de moyens permet la détection sûre de la fin du message, et donc sa réception dans son format d'origine.

Le système d'acquisition des données par le calculateur que nous utilisons ne permettant pas ce genre de contrôle, cette méthode n'a pu être testée.

En effet, le calculateur est équipé d'un coupleur microprogrammé qui transfère tout caractère reçu dans une mémoire tampon. Le contenu de la mémoire tampon n'est communiqué au programme de traitement qu'après réception d'un caractère de fin de message défini par avance au coupleur.

Dans ce système d'acquisition, l'indication de longueur du message n'est connue du calculateur qu'après réception du caractère "ETB", ce qui la rend superflue.

Pour cette raison, nous avons abandonné la notion de redondance en ce qui concerne la détection de fin de message.

Contrôle :

La bonne transmission des messages est assurée par un double contrôle. Un premier contrôle porte sur la parité transversale de chaque caractère transmis. Il est, en effet, facile de vérifier à la réception si le bit de parité de chaque caractère transmis correspond au type de parité annoncé. Néanmoins, le codage à l'aide d'une parité transversale introduit simplement une distance de Hamming de deux entre deux mots de code, et ne permet donc de détecter de façon certaine qu'une erreur sur chaque caractère.

Afin d'augmenter la distance de Hamming, nous pourrions utiliser des méthodes sophistiquées telles celles qui s'appuient sur la théorie des codes cycliques et les propriétés des polynômes dans l'Algèbre de Boole, et dont nous ne rappellerons ici que le principe : à tout message est associé un polynôme dont le degré est égal au nombre de bits constituant le message moins un, et dont les coefficients sont les bits eux-mêmes. Ce polynôme, après avoir été multiplié par X^m , est divisé par un polynôme de degré m . Le reste de cette division constitue la clé de contrôle. Cette clé est calculée par l'émetteur et le récepteur au fur et à mesure de la transmission, grâce à des registres à décalage agissant selon les propriétés des opérations booléennes sur les polynômes. La clé calculée par

l'émetteur est ensuite transmise et comparée à celle calculée par le récepteur.

En cas d'égalité de ces deux clés, le message est considéré comme étant correctement transmis.

Un choix judicieux du polynôme diviseur permet d'utiliser les propriétés des codes cycliques, de faciliter le calcul de la clé de contrôle et, dans certaines mesures, la correction des erreurs détectées [XIII].

Malgré les performances présentées par l'utilisation de telles méthodes, nous avons préféré nous limiter, pour l'instant, au calcul d'une clé de contrôle portant sur la parité longitudinale des messages transmis. A la fin de chaque message, nous disposons d'une information de parité longitudinale, générée par l'émetteur et obtenue en réalisant un "OU exclusif" des caractères précédemment émis (figure III.10). Cette méthode permet de porter la distance de Hamming à la valeur quatre, et donc de détecter trois erreurs [XII].

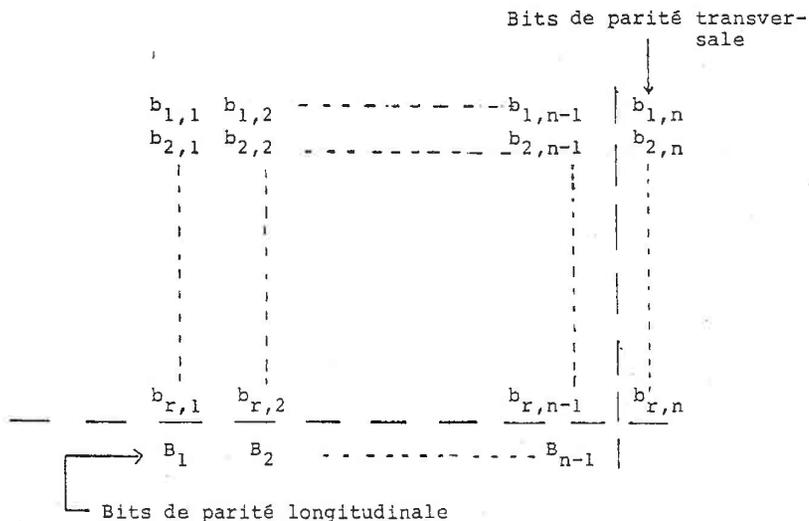
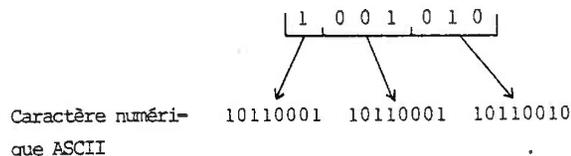


Figure III.10 : Calcul des parités transversale et longitudinale

La parité longitudinale pouvant être un caractère quelconque et en particulier égal au caractère de fin de message, il est nécessaire de prévoir un mode de transmission levant l'ambiguïté possible. Le caractère obtenu est donc découpé en trois tranches et transcodé sous forme de trois caractères numériques ASCII à raison de :

- un code pour les trois bits de poids faibles,
- un code pour les trois bits suivants,
- un code pour le bit de poids fort.

Exemple : Résultat du "OU exclusif" :



Comme lors de l'utilisation des codes cycliques, la clé de contrôle est également calculée par le récepteur. L'égalité des clés reçues et calculées signifie la bonne transmission du message. Celui-ci est alors acquitté positivement par le récepteur.

En cas d'inégalité, le message est acquitté négativement et doit être réémis. Au bout de sept acquittements négatifs consécutifs, la liaison est abandonnée.

L'étude du format et du codage nous a permis d'établir la structure standard de tout message d'information, adaptée aux communications dans une configuration D.N.C. (figure III.11).

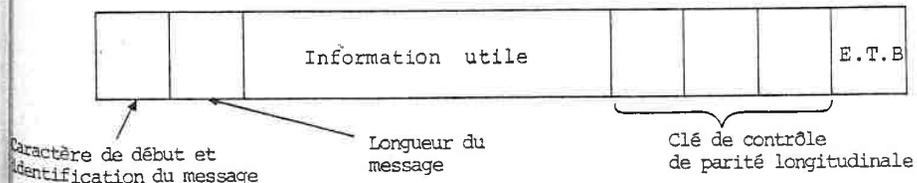


Figure III.11 : Format des messages d'information

Remarque : L'indication longueur du message, optionnelle suivant le calculateur, peut être codée en binaire car son emplacement est connu. Comme nous l'avons dit précédemment, nous n'utilisons pas cette indication.

B.2.2. Messages de service :

Nous avons vu que les messages de service sont nécessaires pour la gestion des transferts d'informations. Ils interviennent très fréquemment dans le déroulement du protocole.

Nous utilisons cinq messages de service :

- "ACK" : accusé de réception de message positif ;
- "NAK" : accusé de réception de message négatif ;
- "ENQ" : invitation à émettre ;
- "EOT" : abandon de la liaison ;
- "ETX" : arrêt de l'échange en cours.

B.2.3. Description générale du protocole :

Dans la configuration D.N.C., le calculateur central est principalement une banque de données. Il réagit aux ordres de l'opérateur transmis par l'intermédiaire de l'adaptateur. Cette dissymétrie dans les rôles du calculateur et de l'adaptateur, apparaît dans le protocole. L'adaptateur est maître et le calculateur esclave. Cette définition ne correspond pas exactement à celle habituellement utilisée pour les liaisons dissymétriques [XIV], afin d'éviter certaines contraintes dans la gestion des programmes par le calculateur.

Le protocole est la réunion de deux procédures : la procédure calculateur et la procédure adaptateur. Celui que nous avons adopté est principalement composé de trois phases :

- une phase d'initialisation au cours de laquelle aucune priorité particulière n'est donnée, ni au calculateur, ni à l'adaptateur ;

- une phase d'échange de messages de commande durant laquelle l'opérateur indique au calculateur le transfert qu'il veut effectuer ;
- une phase de transfert de fichier.

Durant ces trois phases, la procédure calculateur et la procédure adaptateur font appel à des fonctions élémentaires telles que le contrôle en émission et le contrôle en réception. Ces deux fonctions que nous allons décrire sont communes à l'une et l'autre de ces deux procédures.

B.2.3.1. Contrôle en émission :

Le contrôle en émission permet à l'émetteur de s'assurer que le message qu'il a envoyé a été bien compris par le récepteur. Nous avons vu, lors de l'introduction de la notion de protocole, qu'à tout message d'information émis correspond une réponse appelée acquittement.

Lorsque le message est bien reçu (parités longitudinale et transversale correctes), l'acquittement est positif. Cet acquittement est matérialisé par l'envoi du caractère de service ACK. Par contre, lorsqu'une erreur de parité est détectée par le récepteur, l'acquittement est négatif. Le caractère de service utilisé est alors le caractère NAK. Le message d'information est ensuite réémis. Lors d'erreurs récidivantes, c'est-à-dire après sept erreurs consécutives dans la transmission, le récepteur n'acquiesce pas le message et abandonne la liaison.

D'autre part, pour des raisons matérielles et extérieures, le message d'acquittement peut ne pas parvenir à l'émetteur. Ce genre de panne doit être détecté et traité. C'est la raison pour laquelle nous utilisons la notion de "Time out" : l'émission de tout message d'information est accompagnée du déclenchement d'une temporisation réalisée par un compteur temps réel. Lorsque le temps alloué

à la réponse est écoulé, l'émetteur déclare la ligne coupée. Ce moyen de détection est aussi utilisé pour signaler les erreurs récidivantes.

Qu'il soit dû à une coupure de la ligne ou à une erreur récidivante, le dépassement du temps d'attente est en général traité de façon unique par l'émetteur (figure III.12). Néanmoins, lorsqu'il s'agit du message d'initialisation de l'adaptateur, le traitement diffère suivant que la procédure calculateur est initialisée ou non (figure III.13).

Pour faciliter la lecture des schémas synoptiques, les messages émis sont représentés en "doubles cotes" et les messages reçus sont soulignés.

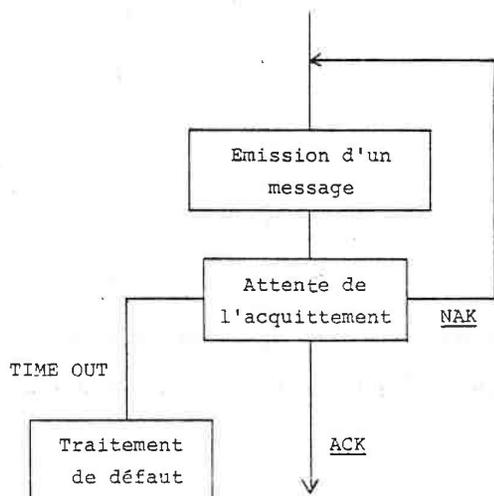


Figure III.12 : Contrôle en émission (cas général)

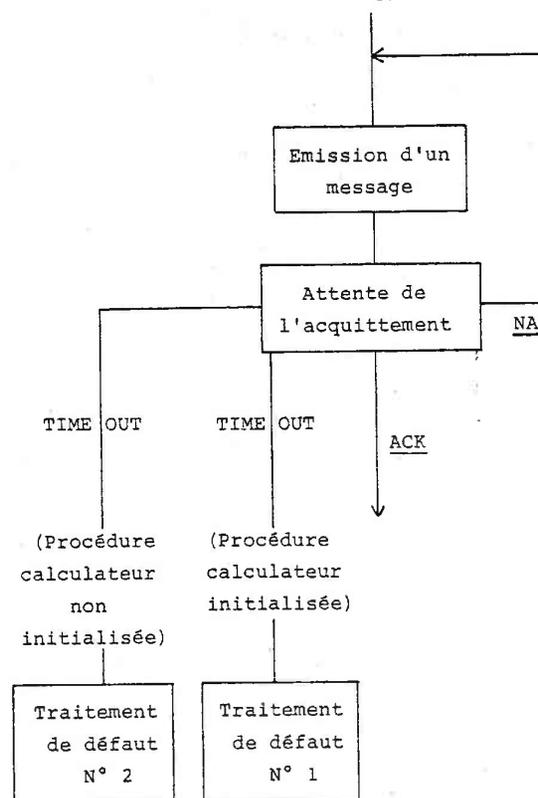


Figure III.13 : Contrôle en émission (cas du message d'initialisation adaptateur)

B.2.3.2. Contrôle en réception :

Nous avons décrit précédemment le principe d'acquittement d'un message d'information.

En cas d'erreur récidivante (sept contrôles négatifs consécutifs), le récepteur n'acquiesce pas le message et procède au traitement du défaut (figure III.14).

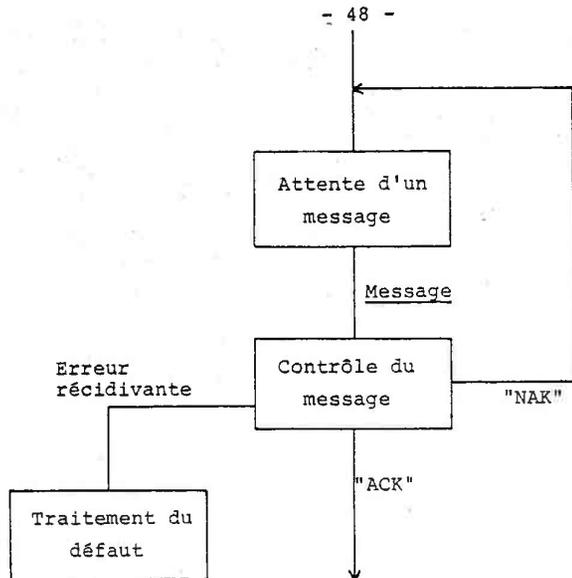


Figure III.14 : Contrôle en réception

Pour que le récepteur interprète plus facilement l'information reçue, nous avons établi une classification des messages d'informations. Afin de faciliter la compréhension du protocole dans son détail, il est nécessaire de décrire les messages d'informations.

B.2.4. Messages d'informations :

Nous avons classé les messages d'informations en trois catégories :

- les messages de commande numérique,
- les messages commentaires,
- les messages de commande.

La structure de chacun de ces messages est conforme à celle que nous avons décrite.

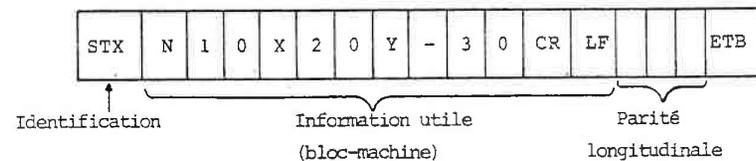
Nous indiquons donc, dans ce paragraphe, l'identification propre à chaque type de message d'information, ainsi que le codage de l'information utile véhiculée.

B.2.4.1. Message de commande numérique :

L'information utile transportée par un message de commande numérique est un bloc d'usinage. Cette information est retransmise sans aucune modification à l'unité de gouverne de la machine-outil. Son format est donc le format habituel d'un bloc machine tel que nous l'avons décrit dans le cahier des charges.

L'identificateur de ce type de message est le caractère "STX"

Exemple :



B.2.4.2. Message commentaire :

L'information utile véhiculée par un message commentaire est en général une instruction ou un renseignement uniquement destiné à l'opérateur. Cette information est donc simplement visualisée sur la console de service de l'adaptateur. Elle est constituée de mots et, pour permettre une visualisation claire, est terminée par les caractères "CR" et "LF".

La commande codée étant, par elle-même, suffisamment explicite, aucun paramètre supplémentaire n'est nécessaire (figure III.15)

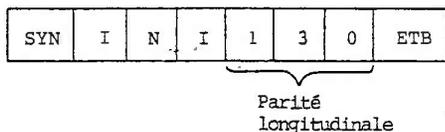


Figure III.15 : Demande d'initialisation

Demande d'un fichier de commande numérique :

L'information utile est ici composée de la commande codée, du nom du fichier et, de manière optionnelle, de paramètres complémentaires : numéro de version du fichier, numéro du bloc de début et numéro d'occurrence de ce bloc (figure III.16).

Ces paramètres sont délimités par des séparateurs bien déterminés, comme le montre le tableau II.

Paramètres	Nom du fichier*	Numéro de version**	Numéro de bloc de début**	Numéro d'occurrence du bloc de début**
Nombre de caractères maximal	6	1	5	2
Séparateurs	/	,	,	

Tableau II : Paramètres d'une demande de fichier de commande numérique

* Obligatoire

** Optionnel

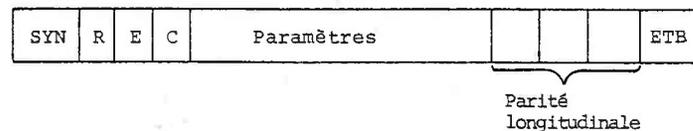


Figure III.16 : Demande d'un fichier de commande numérique

Demande d'un fichier commentaire :

Les paramètres intervenant dans la commande COM sont le nom du fichier et, éventuellement, le numéro de version. Ces deux paramètres sont séparés par le caractère "/" (figure III.17 et tableau III).

Paramètres	Nom du fichier	Numéro de version
Nombre de caractères maximal	6	1
Séparateur	/	

Tableau III : Paramètres d'une demande de fichier commentaire

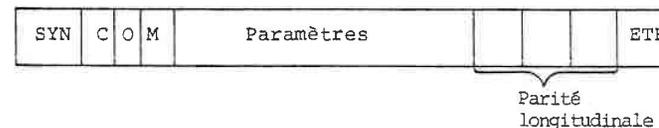


Figure III.17 : Demande d'un fichier commentaire

Demande de répétition du fichier précédent :

Cette commande permet la répétition de la précédente commande REC ou COM, sans avoir à préciser les paramètres.

En effet, ceux-ci ont été mémorisés lors de la commande précédente (figure III.18).

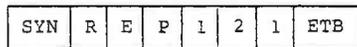


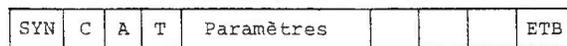
Figure III.18 : Demande de répétition

Demande de cataloguage :

La commande CAT permet l'envoi d'un fichier, contenu en mémoire de l'adaptateur, vers le calculateur. Pour stocker ce fichier en mémoire de masse, le calculateur a besoin de connaître un certain nombre de paramètres tels que le nom du fichier, le numéro de version et la taille de celui-ci (figure III.19 et tableau IV).

Paramètres	Nom du fichier	Numéro de version	Taille
Nombre de caractères maximal	6	1	5
Séparateurs	/	,	

Tableau IV : Paramètres d'une demande de cataloguage



↑
Parité longitudinale

Figure III.19 : Demande de cataloguage

Acceptation d'une commande :

Toutes les commandes frappées par l'opérateur et acquittées positivement par le calculateur (au sens de la transmission), ne peuvent être satisfaites. Ce cas se présente lorsque le fichier précisé est inexistant ou que la place mémoire sollicitée pour un cataloguage est trop importante.

C'est la raison pour laquelle nous avons défini des messages d'acceptation ou de refus de la commande.

L'acceptation d'une commande est signifiée à l'adaptateur par un message de commande défini par la figure III.20 et le tableau V.

La commande n'étant ni analysée ni mémorisée par l'adaptateur, un code d'action précise la nature de la commande frappée.

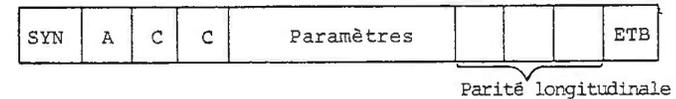


Figure III.20 : Acceptation d'une commande

Paramètres	Code d'action *	Nom du fichier
Nombre de caractères maximal	1	6

Tableau V : Paramètres d'une acceptation de commande

- * Valeur du code d'action :
- 1 cataloguage
 - 2 réception de fichier de commande numérique
 - 3 réception de fichier commentaire

Refus d'une commande :

Lorsque le calculateur ne peut accepter la commande, il émet vers l'adaptateur un message de commande défini par la figure III.21. Un code de refus permet à l'opérateur de connaître la raison pour laquelle la commande n'a pas été acceptée.

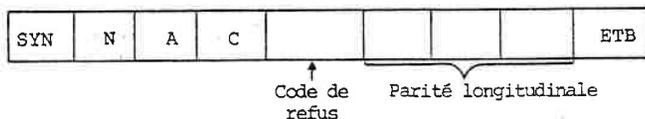


Figure III.21 : Refus d'une commande

Codes de refus :

- 1 - Formatage incorrect
- 2 - Commande inconnue
- 3 - Répétition commande impossible
- 4 - Type d'information incorrect
- 5 - Séparateur inadapté
- 6 - Commande CAT incorrecte
- 7 - Défaut disque (assignation, ouverture)
- 8 - Bloc début non trouvé

B.2.5. Etude détaillée du protocole :

La connaissance des différentes catégories de messages de commande nous permet d'étudier en détail le protocole d'échange. Les procédures calculateur et adaptateur font appel, dans leur déroulement, à certaines fonctions communes qui sont les fonctions de contrôle en émission et de contrôle en réception que nous avons déjà décrites.

Néanmoins, de par la dissymétrie existant dans la liaison, les deux procédures présentent aussi des différences. Nous décrivons donc séparément, dans la suite, la procédure calculateur et la procédure adaptateur.

Les fonctions de contrôle en émission et en réception interviennent très fréquemment dans le déroulement des deux procédures. Pour plus de clarté, elles sont respectivement représentées, dans les schémas synoptiques, par un triangle Δ et un carré □ .

B.2.5.1. Procédure calculateur :

La description des fonctions de contrôle (paragraphe B.2.3.1 et B.2.3.2.), font apparaître un traitement des défauts que nous n'avons pas précisé. Avant d'aborder le déroulement proprement dit de la procédure, nous décrivons la manière dont sont traités les défauts.

Traitement des défauts :

Le traitement des défauts débute par l'édition, sur la console de service, d'un message de défaut précisant la nature de celui-ci. Le calculateur attend ensuite le message d'initialisation de la liaison. Ceci permet la resynchronisation des procédures d'échanges calculateur et adaptateur (figure III.22).

La liaison est établie si le message d'initialisation reçu par le calculateur est syntaxiquement correct.

Ce traitement est appliqué au cas de non-réponse (adaptateur non initialisé, coupure de la ligne, septième erreur sur message transmis), et au cas d'erreur récidivante sur un message reçu.

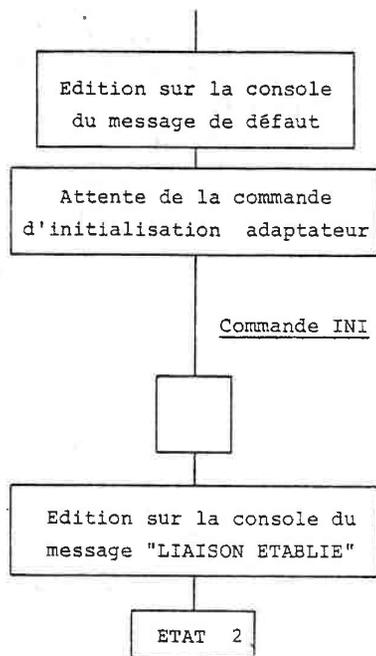


Figure III.22 : Traitement des défauts

Procédure générale :

La procédure générale du calculateur (figure III.23) est constituée d'une phase d'initialisation de la liaison, puis d'une phase de réception et traitement de la commande opérateur.

Après avoir acquitté positivement la commande (pas d'erreur de parité transversale et longitudinale), le calculateur analyse la syntaxe de cette commande et engage la recherche du fichier demandé.

Si la syntaxe de la commande est incorrecte ou si la recherche du fichier n'aboutit pas, le calculateur le signale à l'adaptateur par l'envoi du message de commande NAC. Un message de défaut est

ensuite édité sur la console de service. Le déroulement de la procédure se poursuit par un retour à l'état II, c'est-à-dire l'attente d'une nouvelle commande.

Si, par contre, la commande est syntaxiquement correcte et réalisable, le calculateur émet la commande ACC. Cette réponse du calculateur déclenche le déroulement de l'action proprement dite.

Dans l'état II, le calculateur peut, en outre, émettre ou recevoir le message de service "EOT" qui signifie l'abandon de la liaison.

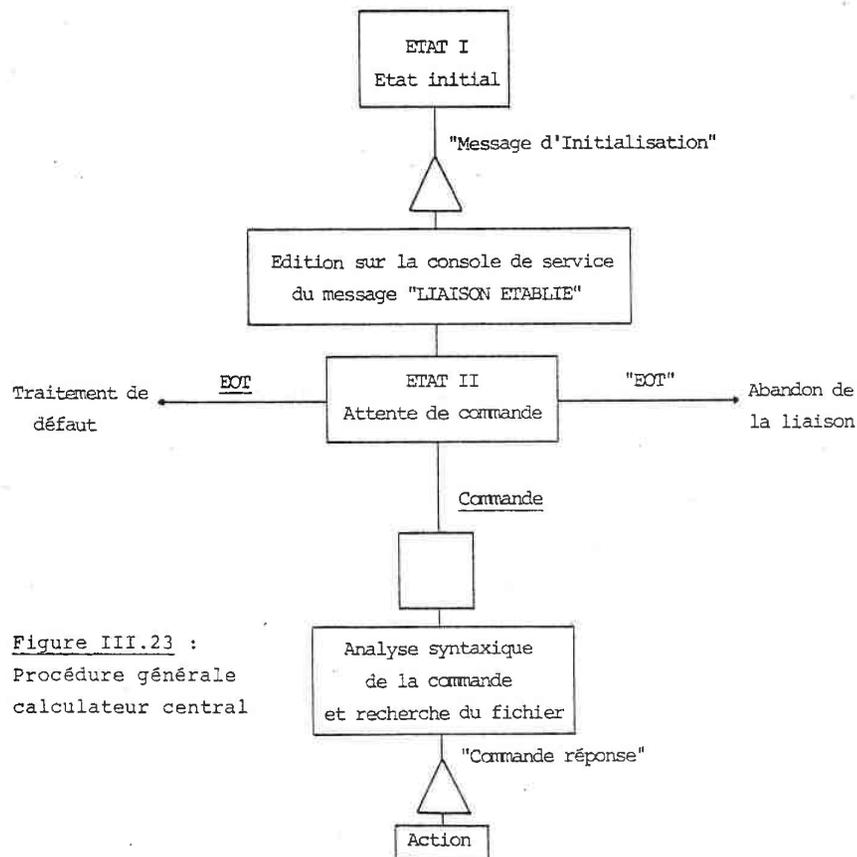


Figure III.23 :
Procédure générale
calculateur central

Action :

L'exécution de la commande opérateur débute dès que celle-ci est acceptée par le calculateur.

Deux types d'action sont possibles :

- l'émission d'un fichier de commande numérique ou de commentaire,
 - la réception d'un fichier de commande numérique.
- Cette opération est encore appelée cataloguage.

- Emission d'un fichier :

Après émission de l'acceptation de la commande, le calculateur attend le message de service "ENQ" qui correspond à une demande de transmission d'information à l'adaptateur. A la réception de ce message, le calculateur émet le premier message d'information. Après acquittement de ce message par l'adaptateur, le calculateur se replace en attente d'une nouvelle demande d'information.

Lorsque le fichier est intégralement transmis, le calculateur émet un message vide (STX.ETB ou SOH.ETB).

Si, en mode de fonctionnement éditeur, la longueur du fichier transmis est supérieure à la capacité de mémorisation de l'adaptateur, celui-ci, lors du dépassement émet, à la place d'une nouvelle demande d'information, le message de service "ETX". La réception de ce code par le calculateur provoque le retour à l'état II de la procédure. Les différentes étapes de la procédure d'émission sont représentées par la figure III.24.

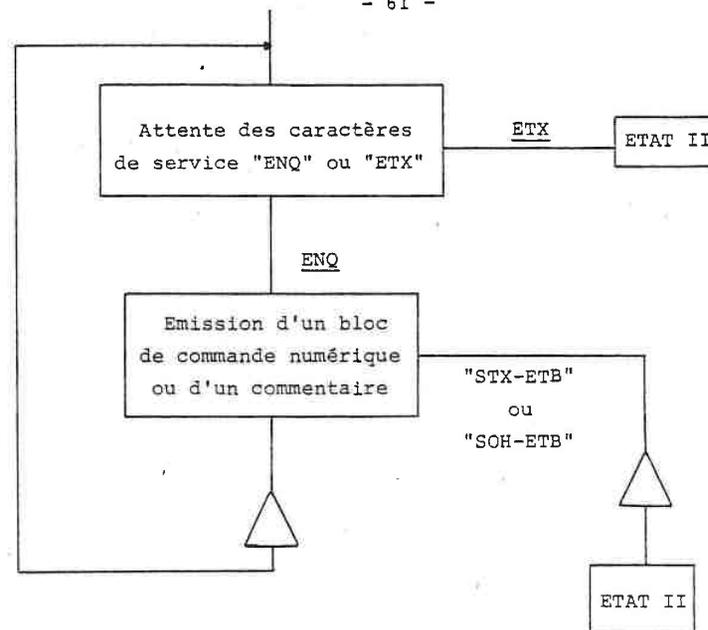


Figure III.24 : Emission d'un fichier par le calculateur

- Réception d'un fichier :

Le principe de la réception d'un fichier se déduit de celui employé pour l'émission par inversion des rôles du calculateur et de l'adaptateur (figure III.25).

Après émission du message d'acceptation de la commande, le calculateur envoie une demande d'information. A sa réception, l'information est contrôlée puis acquittée. Un nouveau cycle est alors décrit. La réception d'un bloc vide (STX-ETB) par le calculateur signifie la fin du transfert.

Le calculateur peut, à tout moment, interrompre le transfert du fichier en émettant le caractère de service "ETX". Le retour à l'état II est alors précédé de l'édition du défaut qui a nécessité l'arrêt du transfert.

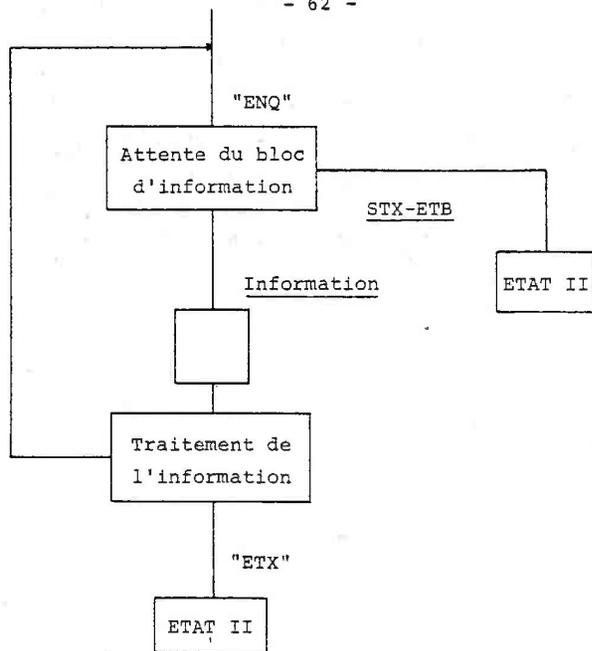


Figure III.25 : Réception d'un fichier par le calculateur

B.2.5.2. Procédure adaptateur :

Avant d'étudier la procédure adaptateur proprement dite, nous allons décrire les programmes de traitement des défauts.

Traitement des défauts :

Contrairement au traitement des défauts employé dans la procédure calculateur, qui prévoit la réinitialisation automatique de la liaison, le traitement des défauts de la procédure adaptateur nécessite pratiquement toujours l'intervention de l'opérateur. Celui-ci étudie la cause du défaut signalé, la traite, puis commande la réinitialisation de la liaison (figure III.26).

Si un défaut est détecté lors du contrôle en émission du message d'initialisation, l'opérateur doit se renseigner pour connaître l'état du calculateur. Deux cas sont possibles :

- la procédure calculateur est initialisée et, dans ce cas, le traitement appliqué est celui que nous venons de décrire (figure III.26) ;
- la procédure calculateur n'est pas initialisée. L'adaptateur attend alors le message d'initialisation du calculateur. A sa réception, le message est contrôlé. La validité de celui-ci entraîne l'édition du message "PRET" sur la console de service (figure III.27).

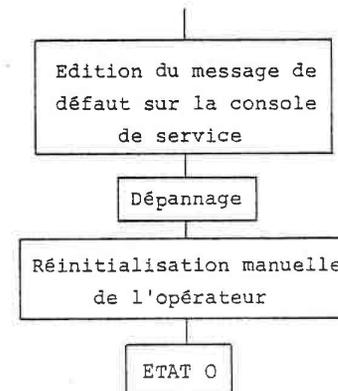


Figure III.26 : Traitement des défauts N° 1

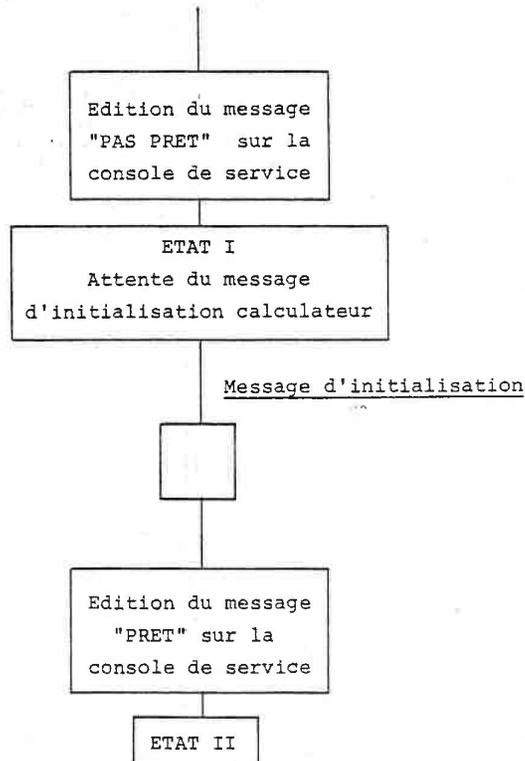


Figure III.27 : Traitement des défauts N° 2

Procédure générale :

Comme nous le montre la figure III.28, la procédure générale de l'adaptateur débute par l'envoi du message d'initialisation.

Lorsque ce message est acquitté négativement, le défaut est traité selon sa nature, comme nous venons de le décrire.

Dans le cas contraire, l'adaptateur édite, sur la console de service, le message "PRET" : la liaison est établie.

L'opérateur peut alors taper une commande. Cette commande, émise par l'adaptateur, est traitée suivant la procédure générale du calculateur.

Le déroulement de la procédure se poursuit par l'action, c'est-à-dire l'émission ou la réception d'un fichier.

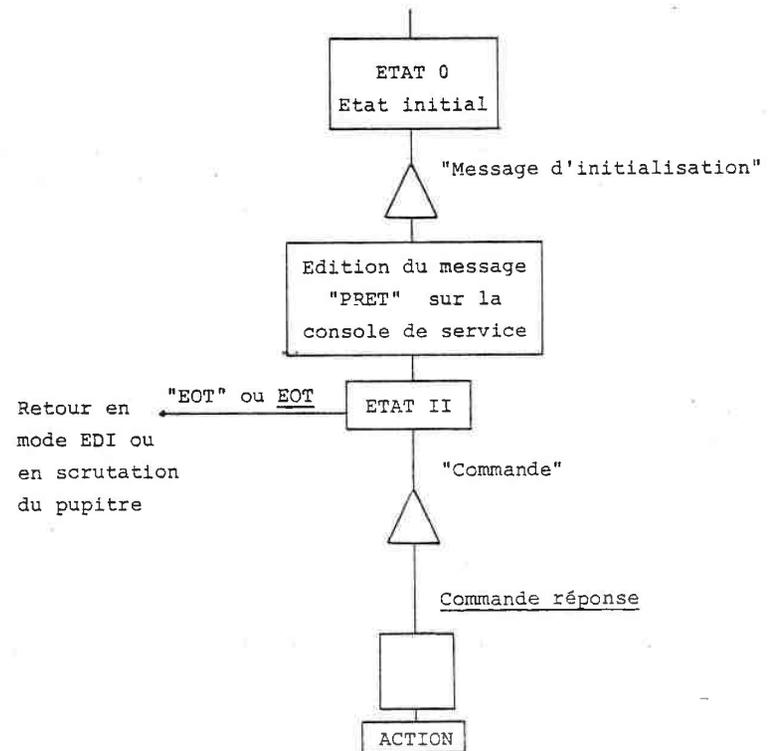


Figure III.28 : Procédure générale adaptateur

Action :

L'action adaptateur peut être :

- l'émission d'un programme de commande numérique pour catalogage (commande réponse : ACC1) ;
- la réception d'un fichier commande numérique ou commentaire (commandes réponses : ACC2 et ACC3).

Emission d'un fichier de commande numérique :

Le principe de la transmission a été décrit précédemment. Nous nous contenterons donc de le préciser à l'aide de la figure III.29.

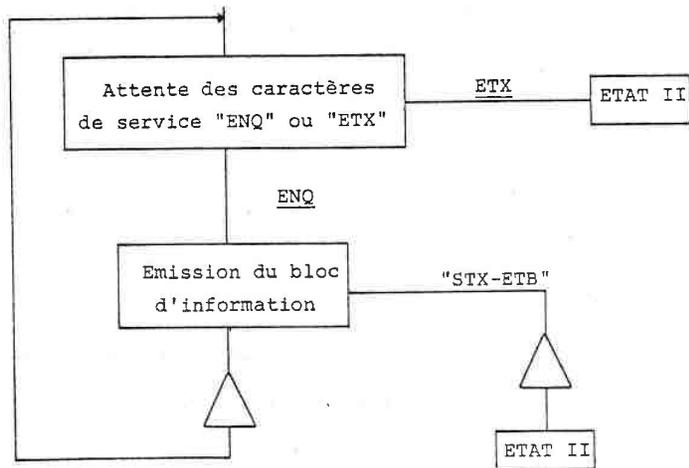


Figure III.29 : Emission d'un fichier par l'adaptateur

Réception d'un fichier de commande numérique ou de commentaires

La réception d'un fichier par l'adaptateur est dans son principe semblable à la réception d'un fichier par le calculateur. Elle est illustrée par la figure III.30.

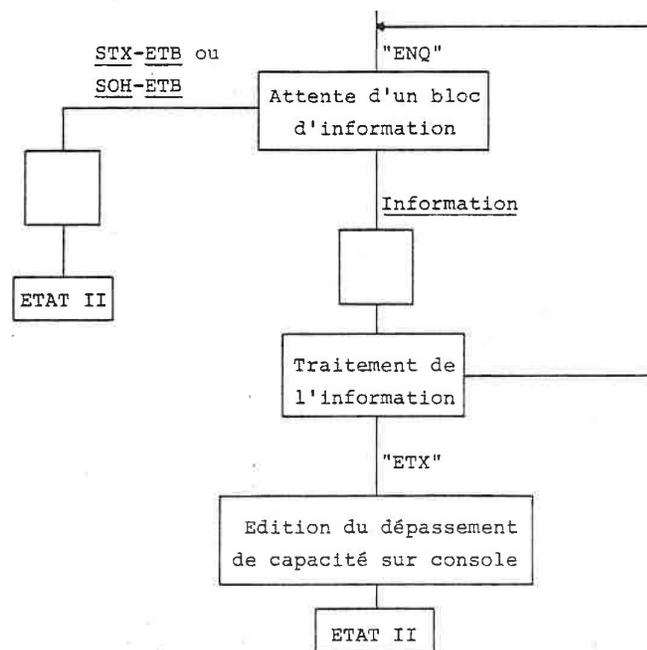


Figure III.30 : Réception d'un fichier par l'adaptateur

IV - CHOIX D'UNE STRUCTURE
ET REALISATION D'UNE MAQUETTE

La technologie actuelle désigne naturellement le choix d'un microprocesseur comme élément de base de l'adaptateur. Les microprocesseurs disponibles se différencient par leur technologie de fabrication, par leur architecture, par leur longueur de mot, et par leur système de développement. Les particularités de chacun les rendent plus ou moins adaptés à certaines applications.

Notre choix du microprocesseur a été déterminé par les critères suivants :

- Longueur de mot : les informations traitées par l'adaptateur sont des caractères codés sur 7 ou 8 bits. La longueur du mot adéquate est donc 8 bits.
- Technologie : dans cette application, la vitesse de traitement n'est pas un critère important. La technologie M.O.S. qui, par ailleurs, présente de grands avantages, est donc parfaitement adaptée.
- Espace maximal adressable : ce critère est important. Parmi les microprocesseurs 8 bits, nous choisissons un de ceux permettant d'adresser l'espace le plus important, soit 64K octets.
- Environnement : nous choisissons un microprocesseur pour lequel des circuits d'interface simples d'utilisation ont été développés. Ce critère est important puisque notre application réalise de nombreuses entrées-sorties de types parallèle et série.

Ces critères, mêlés à ceux de la disponibilité et du renom du produit, nous ont conduit à choisir le microprocesseur M6800, fabriqué par la Firme Motorola et par la Firme Cescosem en seconde source.

La réalisation de la maquette peut se concevoir de deux manières : assemblage des différents circuits utiles à l'application, ou utilisation d'une carte d'évaluation câblée par le constructeur du microprocesseur. La première solution conduit à une utilisation très rationnelle des composants. Néanmoins, la mise au point du système est longue et sa fiabilité dépend du soin apporté à sa réalisation. Le catalogue du constructeur proposant une carte d'évaluation bien adaptée à notre application, nous avons opté pour la deuxième solution.

IV.1. DESCRIPTION DE LA CARTE PRINCIPALE

La carte d'évaluation M6800 MEB1 est principalement constituée du microprocesseur, d'interfaces d'entrées-sorties série et parallèle, de mémoire vive et de mémoire morte. Cette carte est livrée avec un programme moniteur (minibug) résidant en mémoire morte. Ce moniteur permet, par l'intermédiaire d'une console, de développer et de mettre au point des programmes codés en hexadécimal.

Nous allons voir successivement les principaux circuits constituant la carte.

Microprocesseur :

Le microprocesseur Motorola 6800 est un microprocesseur huit bits à seize lignes d'adressage, permettant d'adresser un espace de 64 K octets. Il est fabriqué en technologie NMOS. Le microprocesseur accepte 72 instructions de longueur variable, et sept modes d'adressage : direct, relatif, immédiat, indexé, étendu, implicite et accu-

mulateur. Il possède six registres internes (figure IV.1) : deux accumulateurs, un registre d'index, un compteur de programme, un pointeur de pile et un registre d'état. La sauvegarde des registres internes a lieu dans une pile externe de longueur variable. Une entrée permet de regrouper les interruptions masquables et non masquables. Ce microprocesseur est entièrement compatible avec les circuits T.T.L.

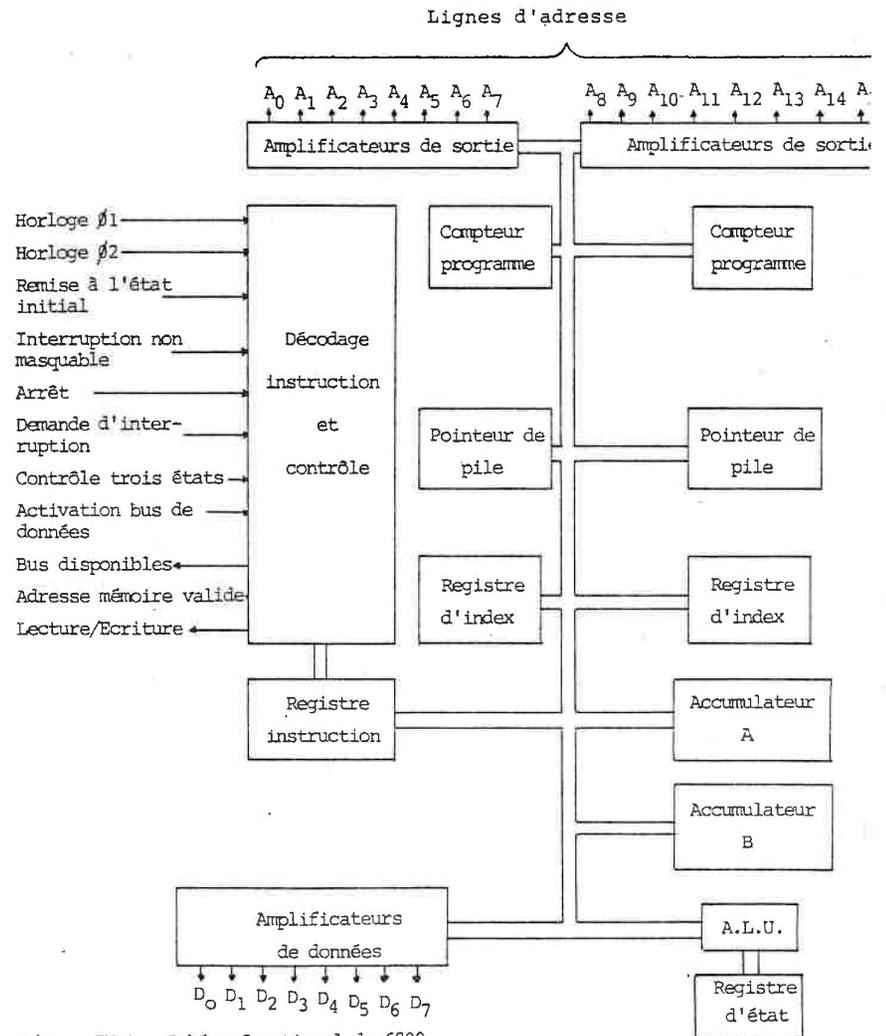


Figure IV.1 : Schéma fonctionnel du 6800

Interface d'entrée-sortie parallèle :

Deux circuits de ce type, appelés P.I.A. (Peripheral Interface Adaptator) sont implantés sur la carte. Chacun d'eux est divisé en deux parties parfaitement identiques et totalement indépendantes (figure IV.2).

Chacune de ces parties possède :

- un bus de données huit bits et une ligne d'interruption reliés au microprocesseur ;
- un bus de données huit bits reliable à la périphérie ;
- un registre de commande programmable ;
- un registre de sens de transfert des données ;
- deux lignes de contrôle connectables à la périphérie.

Ces interfaces sont compatibles T.T.L.

Interface d'entrée-sortie série :

Deux circuits de ce type, appelés A.C.I.A. (Asynchronous Communication Interface Adaptator), sont également implantés sur la carte. Ils assurent la conversion série-parallèle et parallèle-série des informations. Ils ne diffèrent l'un de l'autre que par leurs possibilités de connexion au périphérique. Le premier dispose sur la carte des trois types de connexion : TTL, boucle de courant 20 mA et RS 232, alors que le second ne dispose que de la liaison TTL.

Chacun d'eux possède (figure IV.3) :

- un bus de données huit bits et une ligne d'interruption reliés au microprocesseur ;
- une ligne de données reliable à la périphérie ;
- un registre de commande programmable ;
- un registre d'état ;
- trois lignes permettant la commande d'un modem ou d'un périphérique ;

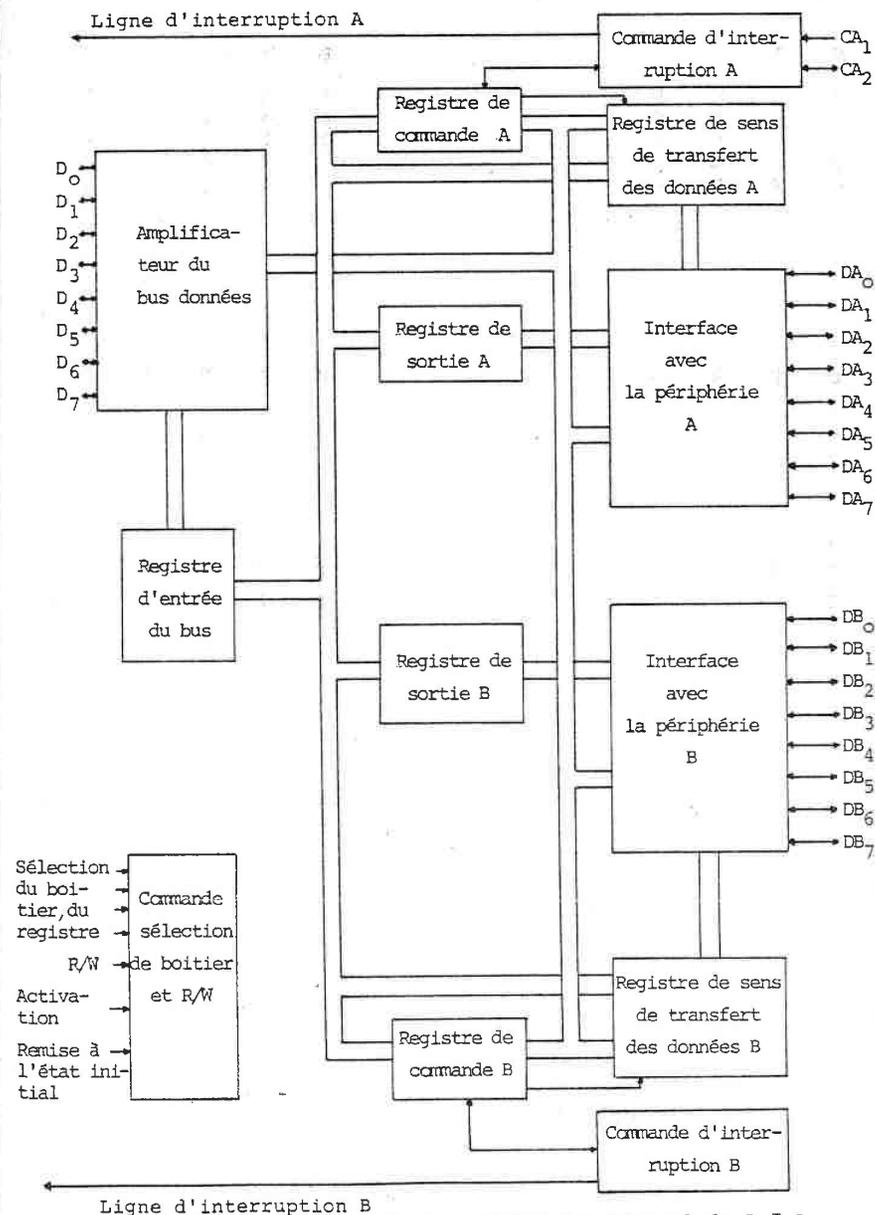


Figure IV.2 - Schéma fonctionnel du P.I.A.

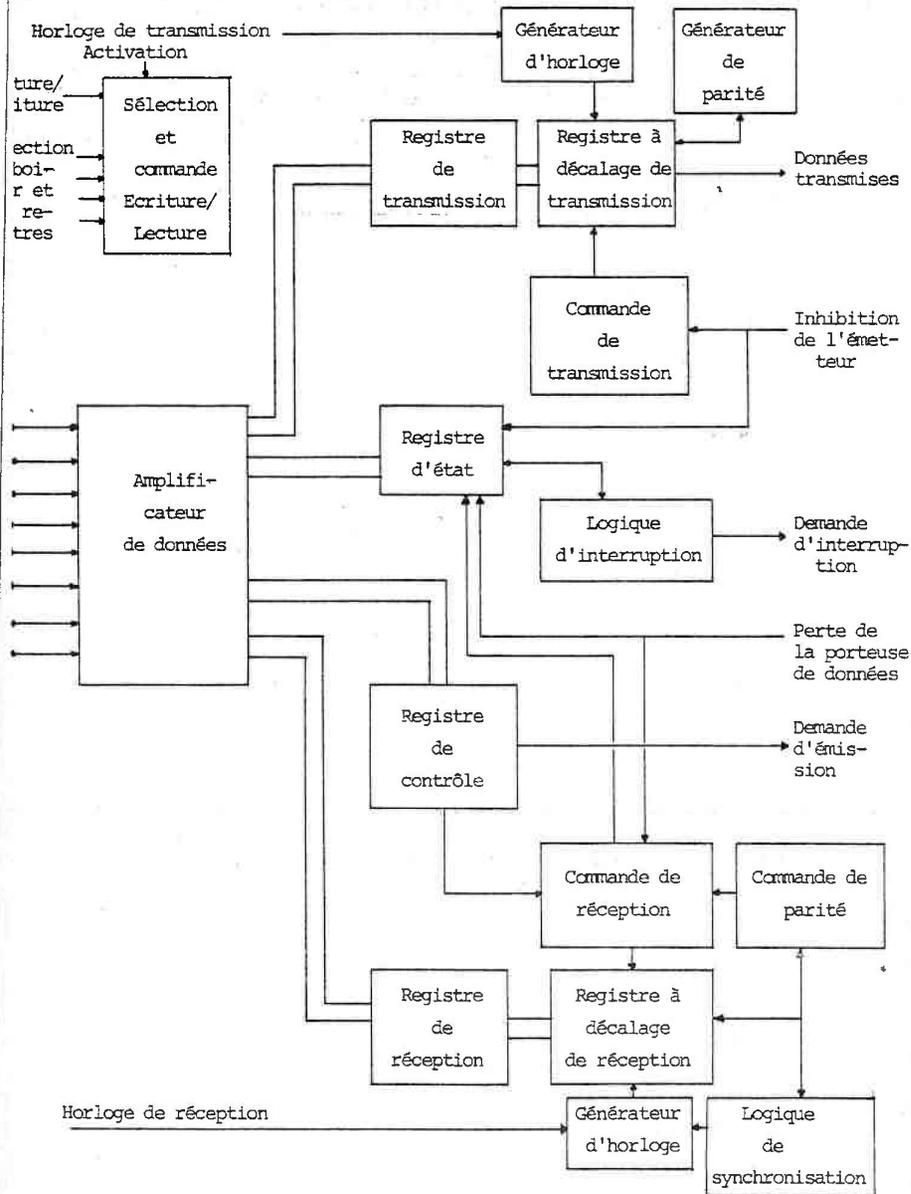


Figure IV.3 : Schéma fonctionnel de l'A.C.I.A.

- une entrée horloge.

A la réception, contrôles de parité, de surcharge et d'erreur de format sont effectués. Enfin, la vitesse d'échange peut être choisie dans une gamme de treize vitesses allant de 110 bauds à 9600 baud.

Au microprocesseur et divers interfaces viennent s'ajouter, sur la carte principale, trois circuits de mémoire vive statique de 128 octets chacun, dont un est utilisé comme pile externe, trois circuits de mémoire morte reprogrammable de 1K octets chacun, et un circuit de mémoire morte de 1K octets destiné au programme moniteur MINIBUG.

IV.2. CONFIGURATION FINALE

Dans notre application, l'adaptateur est relié à quatre unités :

- le calculateur,
- le lecteur,
- l'unité de gouverne de la machine-outil,
- la console de service.

Afin d'assurer l'interfaçage entre l'adaptateur et ces quatre "périphériques", nous avons utilisé trois A.C.I.A. et deux demi-P.I.A. La carte standard ne proposant que deux A.C.I.A., nous avons dû implanter, sur une carte auxiliaire, le troisième A.C.I.A. Les schémas de décodage et d'implantation de cet interface unité de gouverne, sont donnés en annexe. Les deux autres demi-P.I.A. disponibles sur la carte sont utilisés pour l'acquisition des informations-pupitre, et pour la gestion des signaux de commande. La figure IV.4 donne la répartition des circuits d'interface.

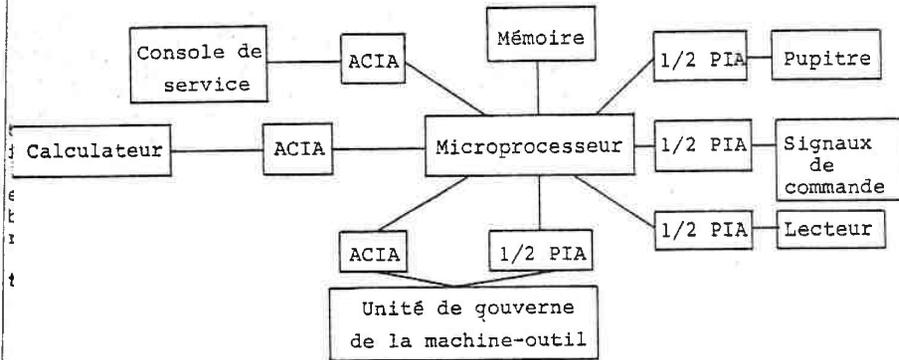


Figure IV.4 : Architecture générale de l'adaptateur

- Le premier A.C.I.A. assure la liaison avec la console de service. Les trois types de liaisons autorisés par la carte (T.T.L., RS 232 et boucle de courant 20 mA), permettent l'utilisation de toute console.

- Contrairement au circuit précédent, l'A.C.I.A. utilisé pour la liaison avec le calculateur n'est relié à aucun circuit d'adaptation. La liaison avec le calculateur devant fonctionner en boucle de courant, nous avons développé sur la carte auxiliaire une transformation T.T.L.-boucle de courant.

En fait, devant les difficultés pour obtenir une interface boucle de courant de la part du constructeur du calculateur utilisé lors des essais, nous avons également procédé à la réalisation d'une interface à la norme V₂₄.

Les schémas descriptifs de ces transformations sont donnés en annexe.

- Les modes d'acquisition de données des unités de gouverne peuvent être du type série ou du type parallèle. La transmission parallèle est réalisée à l'aide du demi-P.I.A. disponible sur la carte ; la transmission série a nécessité l'implantation d'un A.C.I.A. sur la carte auxiliaire. Dans le cas de la transmission série, la liaison avec l'unité de gouverne est du type boucle de courant.

- La sélection des différents modes de fonctionnement des liaisons calculateur et unité de gouverne, est réalisée par des micro-interrupteurs situés sur la carte auxiliaire (cf. annexe).

Un deuxième demi-P.I.A. effectue les échanges avec le lecteur. Une ligne d'interruption permet au lecteur d'interrompre le fonctionnement du microprocesseur.

Les deux derniers demi-P.I.A. assurent la réception des indications pupitre et la génération des signaux de commande (signaux lecteur, signaux machine, diodes de signalement des défauts).

- La signification des différents bits des P.I.A. est donnée par les figures IV.5 et IV.6.

Ligne d'interruption

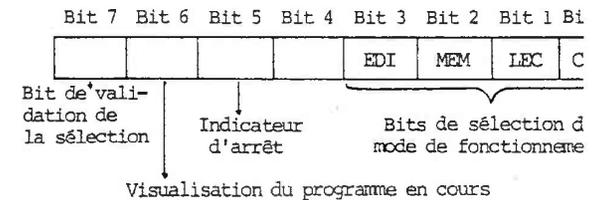


Figure IV.5 : Demi-P.I.A. pupitre

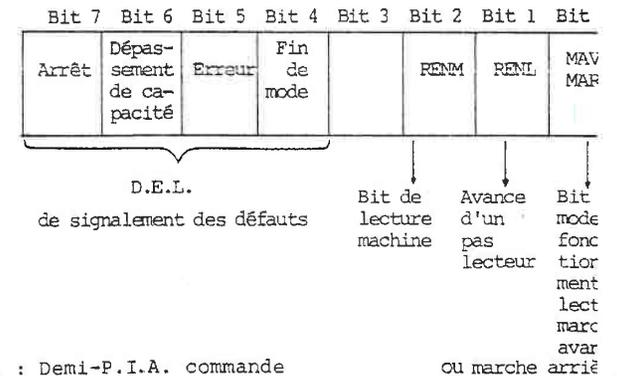


Figure IV.6 : Demi-P.I.A. commande

ou marche arrière

V - DESCRIPTION DU LOGICIEL

La fonction de l'adaptateur implique la réalisation de tâches exclusivement liées aux échanges avec le calculateur, l'unité de gouverne, le lecteur ou la console de service. C'est pourquoi nous avons conçu une structure de logiciel basée sur la notion de traitement d'interruption. Tout périphérique doit, en vue d'un échange, formuler une demande qui se traduit, au niveau du microprocesseur, par une interruption.

Le microprocesseur ne possédant qu'une ligne d'interruption, nous avons établi une hiérarchie des interruptions par programme. Une interruption, prise en compte, peut être, suivant le cas, traitée ou bien mémorisée, puis traitée en différé. Le traitement diffère suivant le mode de fonctionnement sélectionné, la source de l'interruption et le degré d'avancement du mode lorsque l'interruption est prise en compte.

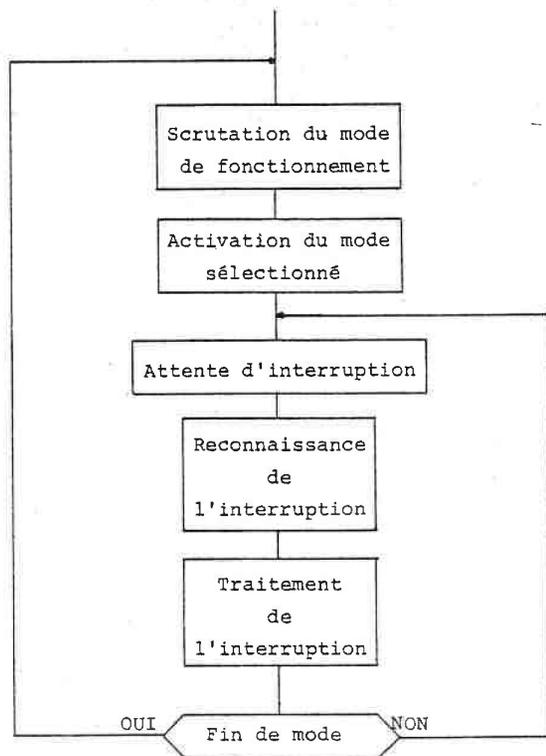
Le déroulement des programmes attachés aux différents modes de fonctionnement présente quatre étapes (organigramme V.1) :

- 1) scrutation du mode de fonctionnement ;
- 2) activation du mode sélectionné ;
- 3) reconnaissance des interruptions ;
- 4) traitement des interruptions.

Les étapes 1 et 3 sont communes aux quatre modes de fonctionnement.

Nous nous limiterons dans ce chapitre à la description du logiciel correspondant aux étapes 1, 2 et 3. Le traitement des inter-

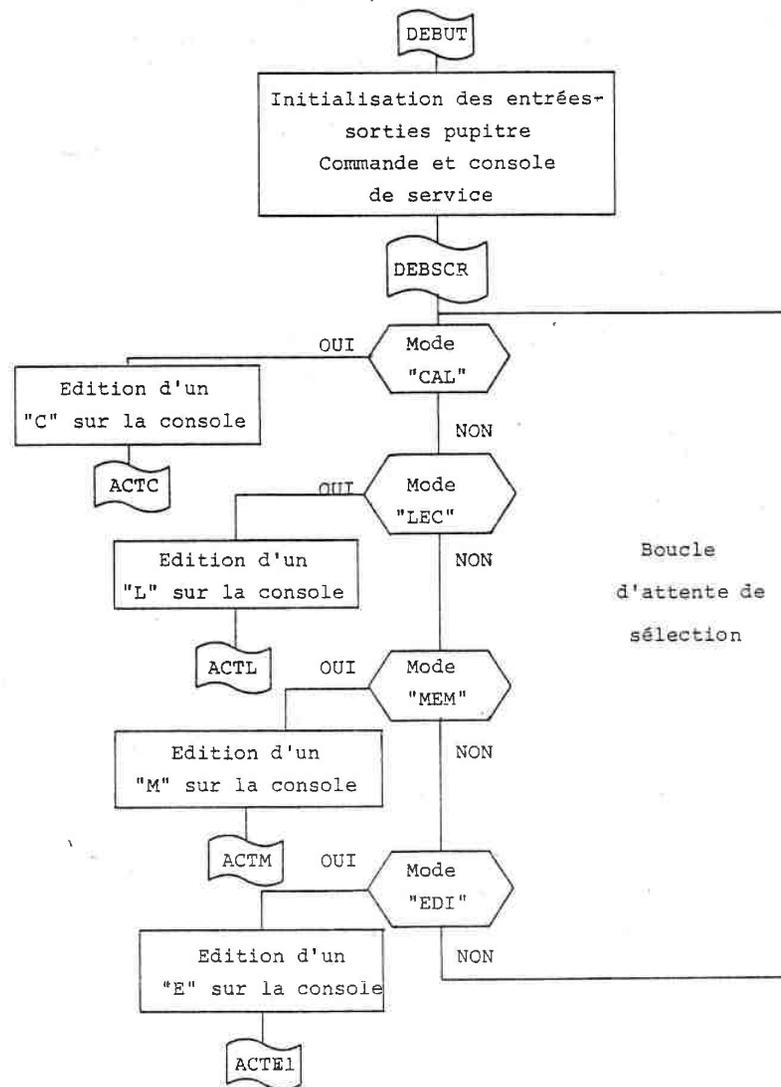
ruptions est réalisé dans des sous-programmes, sans intérêt au niveau du principe, que nous décrivons en annexe.



Organigramme V.1 : Structure générale du logiciel

V.1. SOUS-PROGRAMME DE SCRUTATION DU MODE DE FONCTIONNEMENT

La scrutation du pupitre a pour rôle de connaître le mode de fonctionnement sélectionné par l'opérateur. Cette sélection est effectuée par positionnement du sélecteur de mode, puis validation. Après validation, le déroulement se poursuit par l'un des quatre sous-programmes d'activation, comme le montre l'organigramme V.2.



Organigramme V.2 : Sous-programme de scrutation du mode de fonctionnement

V.2. SOUS-PROGRAMMES D'ACTIVATION DE MODE

V.2.1. Sous-programme d'activation du mode lecteur (ACTL) :

Ce sous-programme est utilisé dans le mode de fonctionnement lecteur et dans le mode éditeur lorsque l'opérateur effectue le chargement d'un programme-pièce à partir du lecteur.

Il est composé (organigramme V.3) d'une phase d'initialisation de l'interface lecteur, ainsi que des pointeurs et indicateurs utilisés, puis d'une phase d'attente d'interruption comportant des tests sur les indicateurs de fin de travail. Ces tests diffèrent suivant le mode de fonctionnement.

- Dans le cas du mode de fonctionnement lecteur, deux tests permettent de détecter, d'une part la fin d'exécution du programme-pièce par la machine-outil (IPCTM = 1), et d'autre part la fin du réembobinage du ruban perforé après lecture (TPCTL = 2). Lorsque les deux conditions ci-dessus sont remplies, la fin du fonctionnement est signalée à l'opérateur par l'édition du caractère "x" sur la console de service et par l'allumage, sur le pupitre, de la diode électroluminescente "fin de mode". Cette dernière procédure est utilisée par la suite sous le nom de procédure de fin de mode. Le déroulement se poursuit par une nouvelle scrutation du pupitre.

- En mode éditeur, l'indicateur de dépassement de capacité est testé à chaque passage dans la boucle. Dès qu'il y a dépassement, l'adaptateur le signale à l'opérateur par édition sur la console de service du message "ERREUR C", puis arrête la lecture et commande le réembobinage du ruban. La fin de réembobinage du ruban est toujours détectée par test sur l'indicateur TPCTL, et signalée à l'opérateur par édition du caractère "x". Une nouvelle commande peut alors être frappée. Cette dernière procédure est désignée par la suite sous le nom de procédure de fin de commande éditeur.

Symboles utilisés :

- TPCTL : Indicateur de lecture du ruban

TPCTL = 0 lecture du ruban

TPCTL = 1 réembobinage du ruban

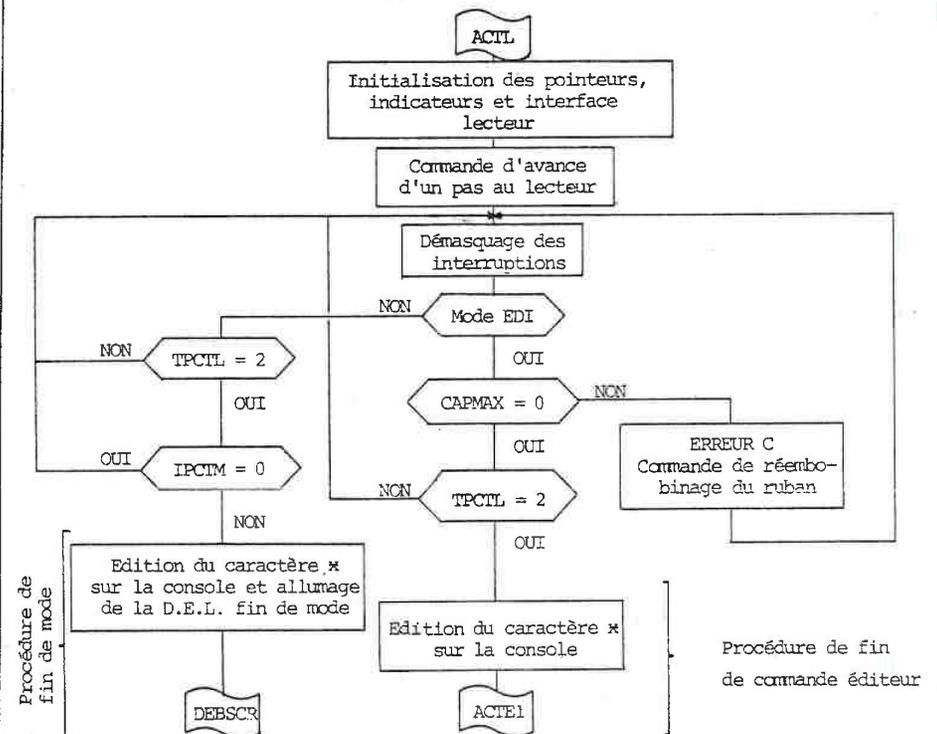
TPCTL = 2 fin de réembobinage du ruban

- IPCTM : Indicateur d'exécution machine

IPCTM = 0 usinage

IPCTM = 1 fin d'usinage

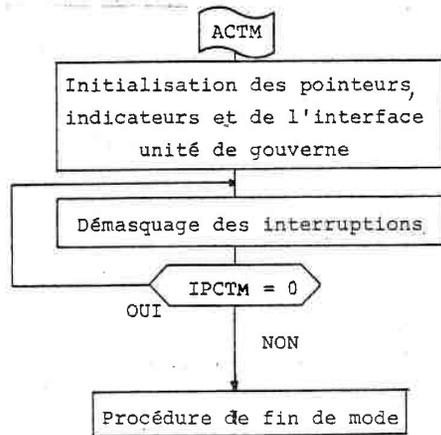
- CAPMAX : Indicateur de dépassement de capacité mémoire.



Organigramme V.3 : Sous-programme d'activation du mode lecteur

V.2.2. Sous-programme d'activation du mode mémoire (ACTM) :

Ce sous-programme (organigramme V.4) est composé d'une partie initialisation et d'une boucle d'attente d'interruption, contenant un test de fin d'exécution du programme-pièce.



Organigramme V.4 : Sous-programme d'activation du mode mémoire

V.2.3. Sous-programme d'activation du mode calculateur (ACTC) :

Ce sous-programme (organigrammes V.5, V.6 et V.7) est utilisé dans le mode de fonctionnement calculateur et dans le mode éditeur, lorsque l'opérateur effectue le chargement d'un programme-pièce à partir du calculateur.

Nous avons vu, lors de la description de la procédure de dialogue calculateur-adaptateur, qu'une première étape consiste en l'initialisation de la liaison. Celle-ci étant établie, l'opérateur envoie,

par l'intermédiaire de l'adaptateur, une commande codée au calculateur, précisant la nature de l'opération qu'il veut effectuer.

Ces deux étapes étant franchies, le transfert du fichier peut être réalisé.

V.2.3.1. Initialisation de la liaison :

Comme le montre l'organigramme V.5, deux cas peuvent se présenter lors de l'initialisation de la liaison :

- Le calculateur n'est pas activé et, dans ce cas, ignore le message d'initialisation émis par l'adaptateur. La boucle d'attente de l'acquiescement est donc décrite sans résultat jusqu'à ce qu'il y ait déclenchement du time-out. L'adaptateur indique alors à l'opérateur que la liaison n'est pas établie en éditant, sur la console de service, le message "PAS PRÊT".

La liaison ne sera établie qu'après réception correcte, par l'adaptateur, du message d'initialisation du calculateur. Le message "PRÊT" est alors édité sur la console (ETAT = 2).

- Le calculateur est activé et répond donc à la commande d'initialisation de l'adaptateur.

Si l'acquiescement est positif (ACKNAK = 1), la liaison est établie et le message "PRÊT" est édité sur la console.

Si l'acquiescement est négatif (ACKNAK = 2), l'adaptateur réémet le message d'initialisation. Le calculateur ne répond pas lorsque le message est toujours erroné à la sixième réémission (INDNAK=6) Cette absence de réponse déclenche le time-out de l'adaptateur et provoque l'édition du message "ERREUR J" sur la console. Après correction du défaut, l'opérateur doit réinitialiser la liaison.

Symboles utilisés :

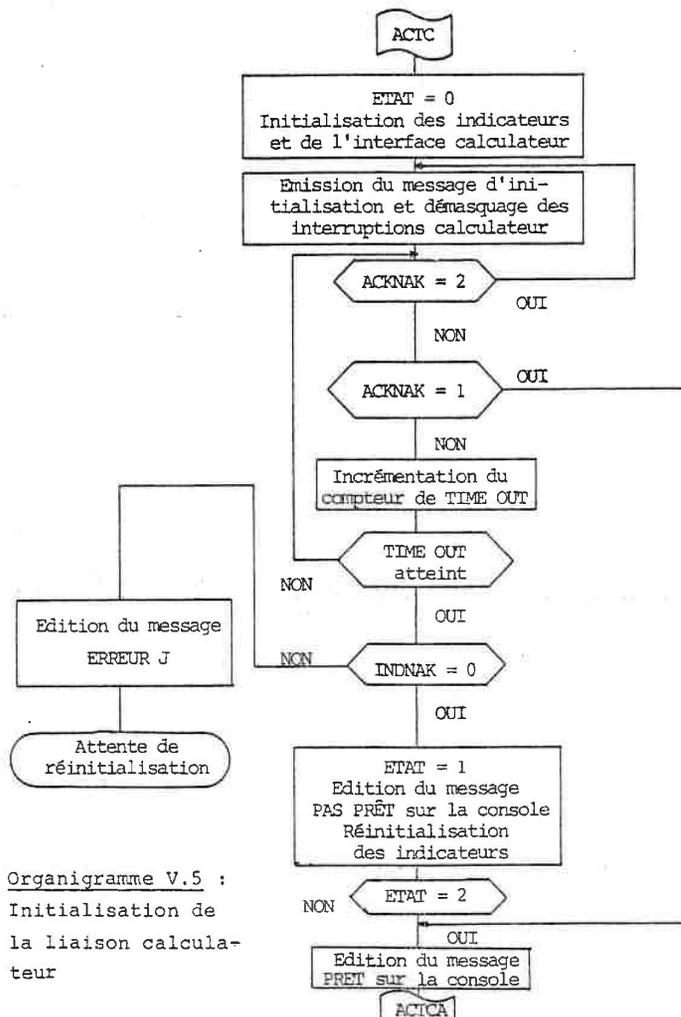
ACKNAK : Indicateur d'acquittement

ACKNAK = 1 acquittement positif

ACKNAK = 2 acquittement négatif

INDNAK : Compteur d'acquittements négatifs

ETAT : Indicateur de degré d'avancement de la procédure.



Organigramme V.5 :
Initialisation de
la liaison calcula-
teur

V.2.3.2. Acquisition et émission du message de commande :

Après démasquage des interruptions calculateur et console, la procédure se poursuit par l'attente de la fin d'acquisition de la commande. Celle-ci est signalée par une valeur non nulle de l'indicateur FINCOM. La valeur de ce dernier permet de connaître l'origine et la nature du message reçu (organigramme V.6).

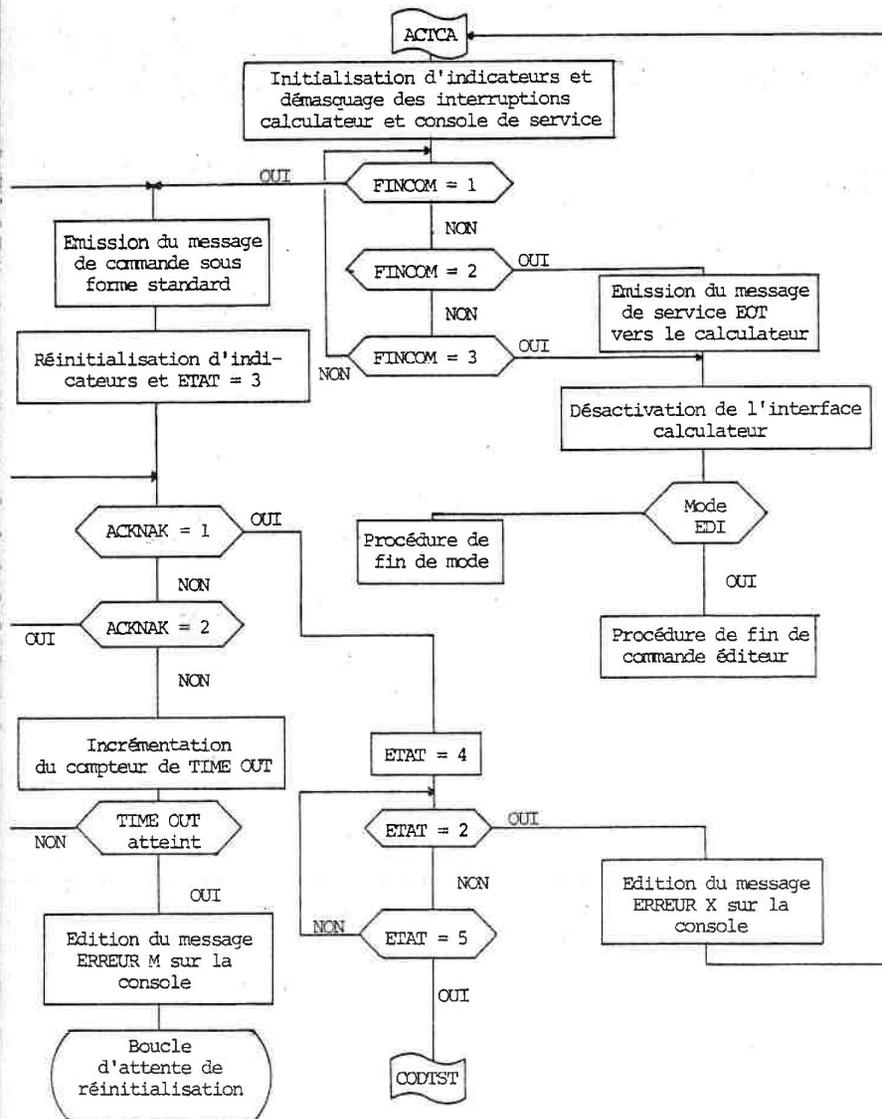
- Si FINCOM = 3, le message reçu est le message de service "EOT" émis par le calculateur. Ce message signifie l'abandon de la liaison.

- Si FINCOM = 2, la commande reçue est une commande vide, c'est-à-dire restreinte au caractère de validation "=". Cette commande signifie que l'opérateur demande l'abandon de la liaison et entraîne l'émission du message de service "EOT" vers le calculateur.

Dans ces deux cas, l'interface calculateur est désactivé. Le sous-programme se poursuit par la procédure de fin de mode si le mode actif est le mode calculateur, et par la procédure de fin de commande éditeur si le mode actif est le mode éditeur.

- Si FINCOM = 1, le message reçu est une commande frappée par l'opérateur sur le calvier de la console.

Aucune analyse syntaxique n'est alors effectuée sur la commande. Avant d'être envoyée au calculateur sous forme d'un message, cette commande est mise au format standard. Le message étant envoyé (ETAT = 3) et certains indicateurs réinitialisés, le sous-programme se poursuit par une boucle d'attente d'acquittement tout-à-fait analogue à celle que nous avons décrite après l'émission du message d'initialisation. Ensuite, la réponse d'acceptation ou de refus de la commande, émise par le calculateur, oriente le déroulement du sous-programme. S'il s'agit d'un refus (ETAT = 2), le message contient la raison de ce refus qui est alors visualisé sur la console sous forme d'ERREUR "X".



Organigramme V.6 : Acquisition et émission du message de commande

L'adaptateur se met en attente d'une nouvelle commande. Si la commande frappée est acceptée (ETAT 5), le déroulement du programme se poursuit par l'exécution de la tâche demandée.

Symbole utilisé :

FINCOM : Indicateur de la nature de la commande.

V.2.3.3. Transfert du fichier :

Selon la valeur du code de commande renvoyé par le calculateur, le sous-programme se poursuit par un cataloguage (code = 1, ETAT = 7),

par le transfert d'un fichier

de commentaires (code = 3, ETAT = 6),

ou par le transfert d'un fichier

de commande numérique (code = 2, ETAT = 5) (Organigramme V.7).

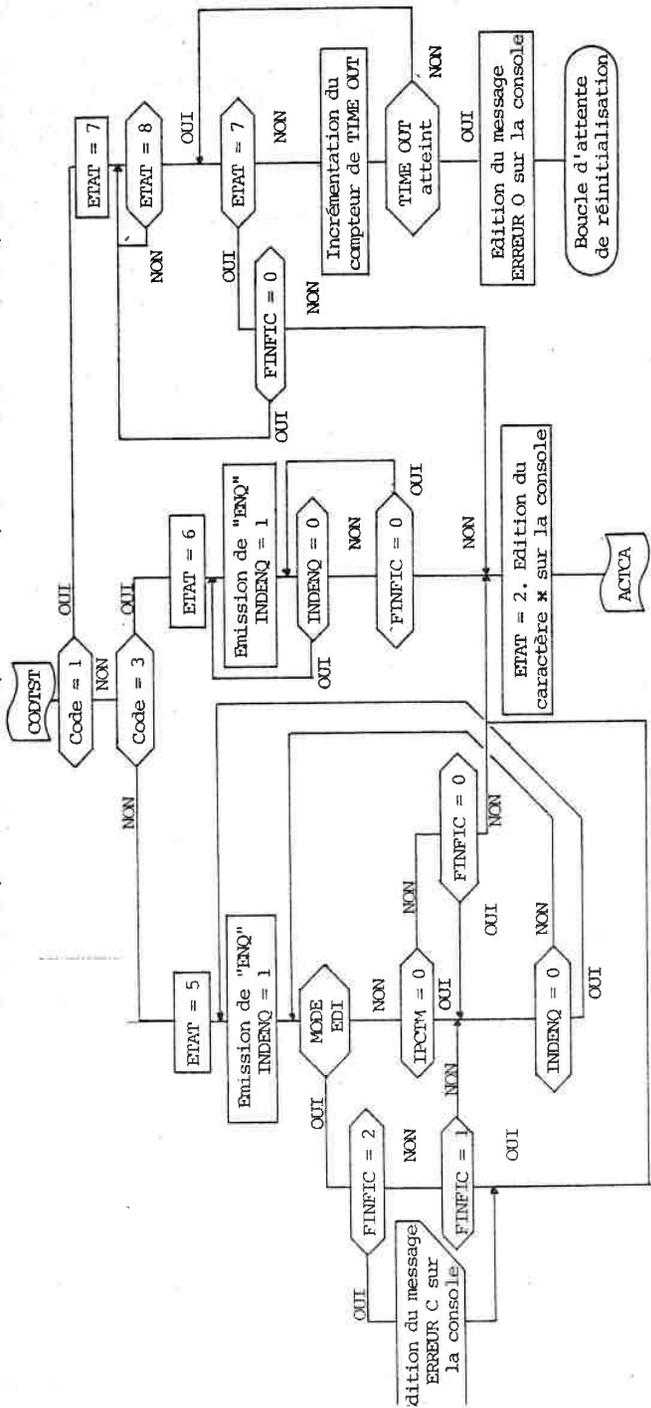
- Dans le cas d'un cataloguage, le calculateur est le puits d'information et devient momentanément le maître dans le protocole. Il envoie à l'adaptateur des invitations à émettre, matérialisées par le message de service "ENQ". Sur réception de ce message, l'adaptateur émet un message composé d'un bloc d'usinage (ETAT = 8).

Si le message est acquitté négativement par le calculateur, l'adaptateur procède à une réémission. Au bout de sept tentatives infructueuses, le calculateur n'émet pas d'acquiescement, ce qui déclenche le Time-Out de l'adaptateur.

Si le message est acquitté positivement (ETAT = 7), un test de l'indicateur FINFIC donne l'état de transfert du fichier :

- si FINFIC = 1, le fichier est totalement transmis et une nouvelle commande peut être frappée (ETAT = 2) ;

- si FINFIC = 0, l'adaptateur attend un nouveau message d'invitation à émettre.



Organigramme V.7 : Transfert d'un fichier

- Le transfert d'un fichier de commentaires se fait sur le même principe que celui décrit précédemment, en inversant les rôles du calculateur et de l'adaptateur. L'adaptateur envoie des invitations à émettre (INDENQ = 1) auxquelles le calculateur répond par émission de messages de commentaires (INDENQ = 0). Ce cycle est décrit jusqu'au transfert total du fichier (FINFIC = 1).

- Le transfert d'un fichier de commande numérique est basé sur le même principe que celui d'un fichier de commentaires. Les tests de fin de transfert diffèrent suivant que le mode actif est le mode calculateur ou le mode éditeur.

Symbole utilisé :

INDENQ : Indicateur d'invitation à émettre.

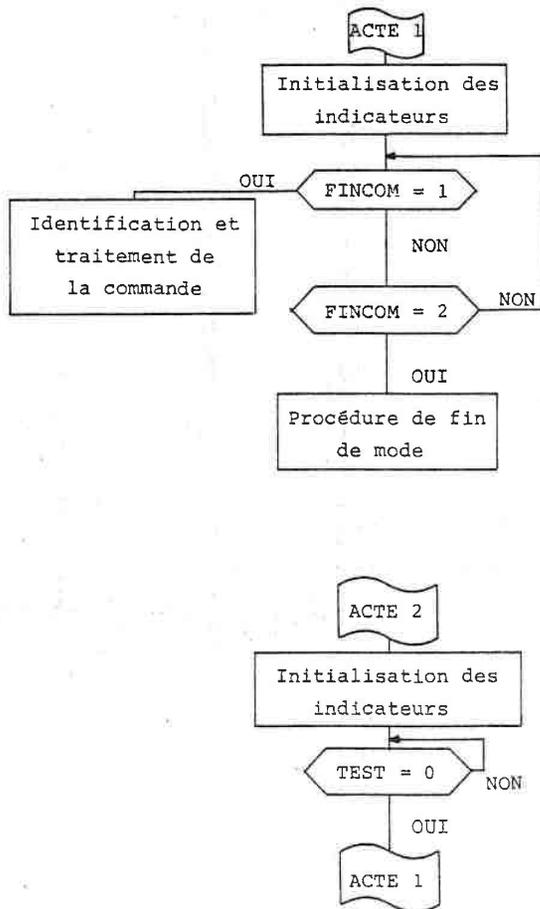
V.2.4. Sous-programme d'activation du mode éditeur :

L'éditeur de texte utilise deux sortes de commandes : les commandes implicites et les commandes dont l'énoncé ne suffit pas à l'exécution de la tâche correspondante.

L'acquisition de ces commandes est réalisée dans deux sous-programmes totalement indépendants (organigramme V.8).

Le premier sous-programme d'activation ACTE 1 comprend l'initialisation d'indicateurs, puis une boucle d'attente d'interruption. A chaque interruption correspond l'acquisition d'un caractère constitutif de la commande. Lorsque la commande est entièrement reçue, l'indicateur FINCOM prend la valeur 1 et le traitement de la commande peut commencer sous réserve que celle-ci soit implicite. Après traitement, l'adaptateur se met en attente d'une nouvelle commande. La réception d'une commande vide positionne l'indicateur FINCOM à la valeur 2. Le déroulement se poursuit alors par la procédure de fin de mode.

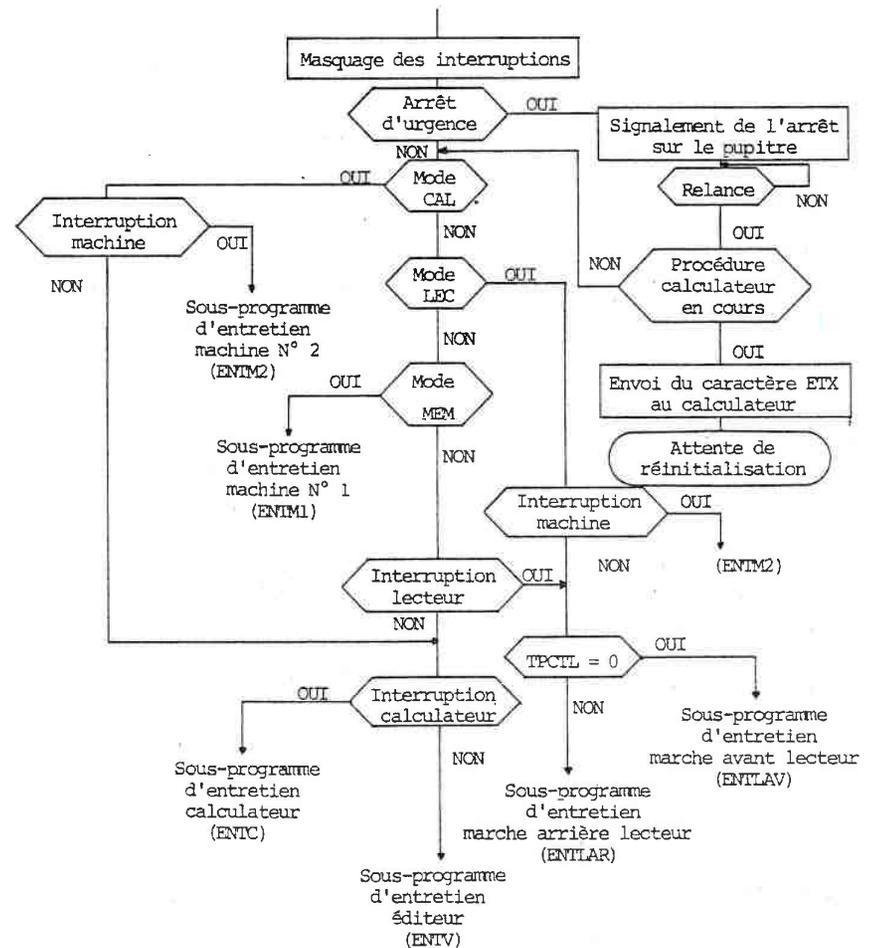
Si par contre la commande n'est pas implicite, l'adaptateur ne peut exécuter celle-ci avant la réception des paramètres manquants. L'acquisition de ces paramètres est effectuée dans le sous-programme d'activation ACTE 2. L'indicateur TEST permet de connaître l'état de l'exécution de la tâche correspondante, et donc de revenir au sous-programme ACTE 1 lorsque celle-ci est terminée.



Organigramme V.8 : Sous-programme d'activation du mode éditeur

V.3. SOUS-PROGRAMME DE RECONNAISSANCE DES INTERRUPTIONS

Les demandes d'interruption sont regroupées sur une seule ligne. Il est donc nécessaire, à chaque prise en compte, de déterminer l'origine de la demande. Le sous-programme de reconnaissance des interruptions (organigramme V.9) est destiné à effectuer ce tri, par test des mots d'état des diverses interfaces, et à orienter le déroulement vers le sous-programme d'entretien adéquat.



Organigramme V.9 : Sous-programme de reconnaissance des interruption.

C O N C L U S I O N

L'évolution de la fabrication automatisée vers des systèmes plus flexibles, nécessite de doter chaque machine d'une commande individuelle performante sans renoncer à l'intégrer à un système centralisé [XV].

Les unités de gouverne doivent donc posséder les fonctions de mémorisation, modification, édition des programmes, et permettre l'intervention simple de l'opérateur. Elles doivent surtout assurer la communication fiable avec le calculateur central, en mettant en oeuvre un protocole d'échange adapté aux transmissions en milieu industriel.

Un parc important de machines-outils à commandes numériques de type câblé, dont le remplacement systématique des unités de gouverne par des C.N.C. serait une aberration économique, doit être modernisé dans ce sens. L'adaptateur que nous avons étudié, et dont nous avons réalisé une maquette, répond à cette nécessité.

La définition et la réalisation d'un éditeur de texte spécialisé, d'un pupitre fonctionnel, de commandes codées d'utilisation aisée, et d'interfaces diverses, ont abouti à un système dont l'emploi est intéressant même hors d'un contexte D.N.C.

Une étude approfondie des systèmes de transmissions disponibles tant au niveau matériel que logiciel, a permis de définir les moyens les mieux adaptés à la communication d'informations dans le cadre de la structure hiérarchisée prévue.

La maquette réalisée a permis de vérifier la validité des choix effectués, et sa présentation en fonctionnement lors de la

11^{ème} biennale française de la machine-outil, qui s'est tenue du 29 mai au 6 juin 1980 à Paris, a montré l'intérêt commercial de l'adaptateur.

La technique de transmission par fibres optiques permet d'envisager une évolution de la structure étoilée du système D.N.C. actuel vers une architecture à base d'une liaison multipoint. D'autre part, l'industrialisation de l'adaptateur mettra en évidence les modifications à apporter pour satisfaire pleinement les utilisateurs. Ces modifications seront facilement effectuées par simple intervention sur une partie du logiciel de l'adaptateur.

BIBLIOGRAPHIE

- [I] Convention A.D.E.P.A.-C.U.C.N. 77-48.. Mémoire final.
- [II] G. GARRAT : N.C. Machine tools worder direct computer control machinery and production. Engineering, July 2, 1969.
- [III] T.R. CROSSLEY : A decade of direct numerical control. Annals of the CIRP, vol. 27/1/1978, p. 405-408.
- [IV] F. LEPAGE, P. MARTIN : Evolution des systèmes automatisés de fabrication. Symposium de Commande Numérique, Montréal, juin 1980.
- [V] R. BOUILLIE : Les perspectives d'emploi et de marché des transmissions par fibres optiques. Minis et Micros, n° 100, 3/9/1979.
- [VI] M. FERETTI : Le dossier industriel des fibres optiques. Nouvel Automatismes, n° 14, mai-juin 1980.
- [VII] C. GELE, D. MANSION : Le point sur les fibres optiques au salon des composants électroniques. Nouvel Automatismes, mai 1979.
- [VIII] Machines production, n° 247, 5/12/1979.
- [IX] P. LAFORIE, M. MOULINET : Le dossier de la transmission par fibres optiques. Electronique et Applications industrielles, n° 269, 15/5/1979.

- [X] M. FERETTI : Le dossier industriel des fibres optiques.
Nouvel Automatismes, n° 12, mars 1980.
- [XI] E. CATIER : Le dossier industriel des fibres optiques et optoliasions.
Automatique et Informatique Industrielles, n° 66, avril 1978.
- [XII] LORRAINS : Réseaux téléinformatiques.
Hachette Technique.
- [XIII] NGHIEM Phong Tuan : Transmission des données.
Infoprax.
- [XIV] C. MACCHI, J.F. GUILBERT : Téléinformatique p 191.
Dunod Informatique.
- [XV] M.E. MERCHANT : Some thoughts on minicomputer technology in manufacturing in the light of the results of the C.I.R.P. technology assessment.
10th C.I.R.P. International Seminar on Manufacturing Systems,
10, 11, 12 July 1978, Haifa.

ANNEXE 3

NOTICE D'UTILISATION DE L'ADAPTATEUR

A.3.1. - MODES DE FONCTIONNEMENT

. Mode Mémoire

Transmission à la CN du programme mémorisé, caractère par caractère en simulant le lecteur.

Retour automatique en scrutation de mode à la fin de la transmission.

. Mode Lecteur

Fonctionnement identique au mode mémoire avec utilisation simultanée du lecteur de ruban de la CN pour alimenter l'adaptateur.

Ce mode autorise la transmission de programmes d'importances supérieures à la capacité-mémoire de l'adaptateur.

. Mode Calculateur

Fonctionnement identique au mode précédent, l'alimentation étant assurée par la liaison calculateur.

. Mode Editeur

Ce mode permet des interventions sur le contenu d'un programme entièrement mémorisé.

Il permet également le chargement d'un programme par l'utilisation de la liaison lecteur ou de la procédure calculateur ainsi que la création de programme-pièce par l'opérateur.

. Sélection des modes de fonctionnement

Le choix du mode se fait par positionnement adéquat du sélecteur rotatif situé au milieu de la face avant de l'adaptateur. Le mode étant choisi, l'opérateur doit actionner l'interrupteur validation afin de lancer le déroulement de l'opération. Les D.E.L. indicatrices s'éteignent alors.

A.3.2. - COMMANDES

A.3.2.1. - Commandes "Editeur"

. Chargement de programme

CA : Chargement d'un programme par la liaison calculateur.
Engagement de la procédure calculateur.
LE : Chargement d'un programme par la liaison lecteur.
CO : Chargement manuel d'un programme par l'opérateur.

Remarque : Commande vide (=) : Abandon du mode éditeur.

. Commande sur chaînes de caractères

D : Pointeur à 0.
V:"texte" : Placement du pointeur derrière "texte".
RC:"texte" : Remplacement des caractères situés derrière le pointeur par les caractères du texte.
SC:n : Suppression des n caractères situés derrière le pointeur.
IC:"texte" : Insertion du texte derrière le pointeur.

. Commandes sur blocs

P:X : Impression du bloc X.
P:X,Y : Impression des blocs X à Y (X et Y compris).
P : Impression du programme complet.
SB:X : Suppression du bloc X.
SB:X,Y : Suppression des blocs X à Y (X et Y compris).
IB:X : Insertion derrière le bloc X.
RB:X : Remplacement du bloc X.
RB:X,Y : Remplacement des blocs X à Y (X et Y compris).

. Caractères spéciaux

* : Acquiescement de la commande par l'adaptateur.
: Fin d'introduction de blocs.
§ : Annulation du dernier caractère.
< : Annulation de la dernière ligne.

A.3.2.2. - Commandes "Calculateur"

REC : Chargement d'un fichier CN.
COM : Chargement d'un fichier commentaire.
REP : Répétition de la commande précédente.
CAT : Catalogage d'un fichier CN.

. Formats

Le caractère "=" est le caractère de validation de la commande.

REC [Nom du fichier] (/N° de version) (,N° de bloc) (,N° occurrence) =
COM [Nom du fichier] (/N° de version) (,N° de bloc) (,N° occurrence) =
CAT [Nom du fichier] (/N° de version) [,Nombre de blocs] = REP =

Remarques : . [XXXXX] paramètre obligatoire.
(XXXXX) paramètre optionnel.

. Commande vide : abandon de la liaison.

A.3.3. - DEFAULTS

MODE	ERREURS B à Q
LEC	B : Bloc trop long (> 80 caractères)
EDI	C : Dépassement de capacité
EDI, CAL	D : Commande trop longue (> 80 caractères)
EDI	E : Erreur de syntaxe de la commande
EDI	F : Bloc de départ non trouvé ou chaîne caractères non trouvée
EDI	G : Bloc d'arrivée non trouvé
CAL, EDI	I : Mauvais acquittement
CAL, EDI	J : Erreur récidivante sur message d'initialisation émis
CAL, EDI	K : Erreur récidivante sur message d'initialisation reçu
CAL, EDI	L : Message reçu différent de "EOT" à l'état 2.
CAL, EDI	M : Time-out d'absence d'acquiescement à une commande
CAL, EDI	N : Réception d'une invitation à émettre erronée
CAL, EDI	O : Mauvais acquittement en cataloguage
CAL, EDI	P : Abandon de la liaison
CAL, EDI	Q : Time-out d'absence d'acquiescement en cataloguage
MODE	ERREURS 1 à 8 (réponse du calculateur à une commande)
CAL	1 : Formatage incorrect (≠ SYN)
CAL	2 : Commande inconnue (≠ REC, COM, REP, CAT)
CAL	3 : Répétition impossible
CAL	4 : Paramètre incorrect (type ou longueur)
CAL	5 : Séparateur inadapté
CAL	6 : Commande cataloguage incorrecte
CAL	7 : Défaut disque assignation, ouverture
CAL	8 : Bloc début non trouvé

NOM DE L'ETUDIANT : Monsieur VOEGELI Christian

NATURE DE LA THESE : DIPLOME de DOCTEUR INGENIEUR en GENIE ELECTRIQUE
option AUTOMATIQUE

VU, APPROUVE
et PERMIS D'IMPRIMER

NANCY LE

02.06.1980 08.00.00

LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

M. BOULANGE