

HUITIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS



NICE du 1^{er} au 5 JUIN 1981

ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

L. CAZAUBON*
MM. C. BOZZO*, G. OUDARD*, D. RODRIGUEZ**, C. TAVERNIER***

*Centre d'analyse de Systèmes (CAPCA) GESTA - DCAN de TOULON. **SESA Agence de MARSEILLE Sud-Est.
***CSEE Centre MAM de TOULON.

RESUME

Le problème de l'utilisation, dès leur mise en production des technologies nouvelles dans les architectures informatiques réparties se pose aujourd'hui aux concepteurs de systèmes d'acquisition, de traitement du signal et d'extraction :

a) Techniquement : seule une méthodologie rigoureuse et une analyse fonctionnelle précise peuvent aboutir à une définition d'architecture suffisamment modulaire pour permettre les améliorations rendues possibles à chaque nouvel apport technologique.

b) Economiquement : une réduction substantielle des coûts de réalisation et d'intégration des systèmes peut alors être obtenue en standardisant les liaisons et les interfaces de connexion.

Une telle démarche a été suivie pour la définition du bus ILC, liaison multipoint de type dissymétrique destinée en particulier à résoudre les problèmes d'acquisition numérique et de transmission du signal vidéo. Ce bus présente également l'avantage d'utiliser le protocole de contrôle par trames de bits HDLC, conforme au standard international ISO des télécommunications.

L'exposé présenté se propose de décrire :

a) les concepts qui ont présidé à la définition fonctionnelle de l'architecture et des interfaces standards correspondants,

b) L'architecture interne du coupleur standard défini,

c) Les performances attendues,

d) L'intérêt de la modularité de la réalisation en cours, qui permettra son amélioration ultérieure et son évolution grâce aux technologies futures (fibres optiques, composants CCD, SAW), l'objectif final restant l'élaboration d'une architecture multipoints véritablement symétrique.

SUMMARY

Applying, in an optimal way, technological improvements and new products as soon as they are available, appears to be a real challenge facing today designers of distributed systems architectures devoted to data acquisition or signal processing or data extraction :

a) A technical challenge : the definition of an architecture in order to be modular enough to get adapted to any new technological development can only be achieved by the means of an accurate system analysis together with a strict methodic approach;

b) An economic challenge : systems production and integration costs can considerably be reduced by standardizing communication links and interfaces.

In order to solve the technical and economic problems related to real-time video signal transmission and digital data acquisition, the ILC standard data bus has been designed as a multi-end, unbalanced serial data bus, using the ISO High Level Data Link Control (HDLC) protocol.

This paper intends to describe :

a) The fundamental concepts that have led to the definition of both the functional architecture and the standardized interfaces ;

b) The inner architecture of the standard coupling unit ;

c) The expected performances ;

d) The advantages of a modular design for the development now in progress, which will enable it to be subsequently improved and easily adapted to future technologies (optical fibres, Charge Coupled Devices, Surface Acoustic Waves, etc...), the final purpose remaining in the preparation of a balanced multi-end architecture.



ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

1. - INTRODUCTION

L'objectif de cet exposé est de présenter en synthèse les concepts de base qui ont présidé à la définition d'une liaison standard de type bus = L'ILC (interface au standard HDLC), tout particulièrement destinée à assurer les fonctions de transmission de données numérisées dans les systèmes d'acquisition, de traitement du signal et de l'information et d'extraction développés par la Marine Nationale pour ses applications.

Les contraintes prises en compte dans la définition de ce nouveau standard sont d'ordre :

a) fonctionnel : il s'agit en particulier de fournir aux systèmes d'application en cours de réalisation ou de conception les "services" dont ils ont besoin (performances liées aux débits, et aux vitesses de transmission permis, aux délais de réaction de la liaison, au degré de sécurité de la transmission, etc...).

b) Architectural : le but est ici de fournir aux applications un outil simple d'emploi et de mise en oeuvre, présentant en outre, des possibilités de reconfiguration du système (soit en temps réel, après une avarie mineure; soit hors temps réel, pour permettre la meilleure évolutivité possible du système tout entier, au cours de son existence).

c) économique, enfin : l'utilisation des liaisons bus d'une part, et la standardisation judicieuse de certains interfaces fonctionnels et / ou matériels permettent de réduire considérablement les coûts de développement et de maintenance des matériels et systèmes embarqués d'une part, les coûts d'adaptation des matériels déjà développés aux apports incessants des technologies nouvelles.

Le projet ILC s'inscrit dans le cadre d'un programme plus vaste de normalisation fonctionnelle de matériels embarqués = le programme de Normalisation des Cartes Electroniques (C.E.N)

Les solutions adoptées satisfont à l'ensemble des contraintes énoncées ci-dessus et permettent :

a) La réalisation pour l'ILC d'une architecture fonctionnelle de type bus dissymétrique susceptible d'accueillir jusqu'à 16 Abonnés, et permettant des débits de transmission de l'ordre de 1 Mbits/s en technologie électrique;

b) l'emploi comme protocole de gestion de ligne d'un sous ensemble de la procédure HDLC (le protocole ILC) qui a donné naissance en particulier au standard international CCITT X 25 utilisé dans les grands réseaux de télétransmission comme TRANSPAC en France, ARPA aux Etats Unis; l'implantation matérielle de ce protocole est de plus facilitée par l'existence de composants intégrés de grande diffusion (circuits LSI) capables de générer les fonctions de gestion des bas niveaux de trames HDLC et disposant d'équivalents fonctionnels en technologie militaire.

c) la réalisation matérielle et logicielle d'un coupleur unique, standard pour tous les modes de connexion au bus ILC, construit autour d'un microprocesseur monolithique 16 bits.

d) la définition et la réalisation d'un interface de connexion fonctionnel, logique, et électrique unique pour tous les Abonnés, construit autour du bus standard LIPS (Liaison Interne Parallèle Standardisée 16 bits), présenté par ailleurs (cf référence [5]).

e) l'évolutivité du "Service ILC" ainsi constitué, et son adaptabilité aux évolutions technologiques que l'on peut d'ores et déjà prévoir à plus ou moins brève échéance dans le domaine de la transmission du signal (fibres optiques, CCD, etc...). Le découpage fonctionnel adopté pour les réalisations en cours permet en effet d'espérer faire fonctionner à très court terme un bus ILC sur support optique, (amélioration des débits de ligne), sans développement nouveau au niveau architectural, et dans un deuxième temps, la réalisation d'une liaison bus véritablement symétrique (et donc libérée des problèmes de gestion d'accès à la ressource partagée, qui limitent aujourd'hui l'emploi des bus).

2.1 - Analyse et décomposition d'un système de transmission de données en couches et niveaux ("layering").

2.1.1 - Généralités :

La transmission de données utilise certaines règles très précises, dénommées protocoles, qui permettent d'assurer des échanges ordonnés entre deux ou plusieurs organes partenaires d'une même transmission.

Ces règles définissent les caractéristiques électriques, physiques et fonctionnelles du lien de transmission.

La notion de protocole, issue du domaine des techniques de télécommunication, a été jusqu'à présent plus particulièrement associée à la résolution des problèmes posés par la gestion des réseaux de télétransmission. C'est aujourd'hui une notion fondamentale, dès lors qu'il s'agit de concevoir une architecture de traitement répartie ([1],[2]).

Ainsi, pour représenter un système de transmission de données, on définit un modèle d'architecture composé de plusieurs couches ou niveaux, fonctionnellement hiérarchisés; la figure 1 présente sur un diagramme la structure du modèle utilisé.

Ce diagramme représente de façon exhaustive l'architecture d'un système de transmission de données. Un tel schéma suppose :

a) une séquentialité totale dans le temps des traitements effectués au niveau de chaque couche,

b) l'indépendance des activités et donc des protocoles d'une couche à l'autre.

Le dialogue entre deux abonnés à un même système de Télécommunication, X et Y se fait à travers chacun des niveaux de protocole, chaque niveau fonctionnel de l'abonné X dialoguant avec le niveau correspondant de l'abonné Y, en utilisant les services des niveaux inférieurs.

Dans le cadre d'applications particulières, certaines couches ou certains niveaux peuvent cependant être absents.

Chaque niveau se définit fonctionnellement comme suit :

ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

2.12 - Niveau Physique (Niveau 1)

Ce niveau est destiné à fournir les moyens physiques (électrique, optique, acoustique, etc...), fonctionnels et éventuellement mécaniques nécessaires à l'établissement, l'exploitation et la rupture d'une liaison physique.

Il fournit au niveau supérieur les services suivants :

- a) Gestion des signaux nécessaires à l'établissement d'une connexion physique.
- b) Acceptation des demandes de connexion physique.
- c) contrôle de la direction des transmissions sur les canaux bi-directionnels simultanés.
- d) facilités de test et maintenance (boucle).
- e) gestion des demandes de déconnexion physique.
- f) mise à disposition d'un mot d'état

Quelques exemples de standards sont les normes :
RS232C, RS422, CCITT V24, CCITT V35.

2.13 - Niveau Ligne (Niveau 2)

Le protocole correspondant à ce niveau est constitué par l'ensemble des règles permettant d'une part d'établir, d'exploiter et de rompre des "liaisons logiques" et d'autre part d'assurer l'échange fiable de données au travers de ces liaisons logiques.

Il fournit au niveau supérieur les services suivants :

- a) Etablissement, exploitation et rupture des liaisons logiques.
- b) Adressage du destinataire sur une liaison logique.
- c) Transfert de blocs de données sur les liaisons logiques.
- d) Détection et correction d'erreurs de transmission.
- e) Contrôle de flux sur les liaisons logiques.
- f) Test, relevés d'erreurs et gestion de mots d'état des différentes liaisons logiques.

Quelques exemples de standards sont les normes :
IBM BSC (mode caractères)
ISO HDLC (mode trame de bits).

2.14 - Niveau Transport (Niveau 3)

Ce niveau se décompose en deux couches logiques, la couche "Réseau", la couche "Transport".

2.141 - Couche "Réseau"

Cette couche du niveau Transport est destinée à :

- a) assurer le transfert fiable de données entre deux extrémités d'un réseau de communication (réseau à grande distance, bus, boucle...),
- b) fournir des services d'interconnexion entre différents réseaux, un réseau.
- c) contrôler le trafic sur un réseau.

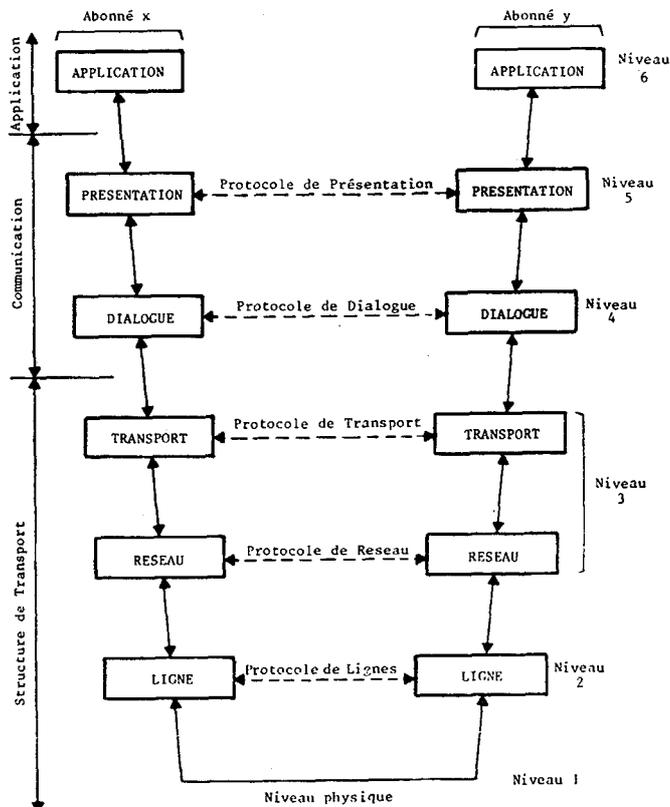


Figure 1 - Transmission de données

2.142 - Couche "Transport"

Cette couche du niveau Transport est destinée à rendre indépendant un abonné vis-à-vis de son implantation physique sur un réseau. Ainsi plusieurs abonnés peuvent être connectés sur un même point terminal du réseau. Elle assure :

- a) le multiplexage des différentes liaisons logiques sur une liaison physique,
- b) le groupage et dégroupage de fragments de messages,
- c) le contrôle de flux.

L'ensemble regroupant le Niveau physique, le niveau Ligne et le niveau Transport constitue une structure de transport.

2.15 - Niveau "Dialogue" (Niveau 4)

Ce niveau regroupe l'ensemble des règles à partir desquelles une session d'échanges entre deux abonnés peut être établie, exploitée et rompue et à partir desquelles les données sont transférées. Ceci inclut le format (ou protocole) utilisé pour le passage d'informations de contrôle. Il s'agit ainsi d'assurer de manière fiable un transfert de données entre les modules de contrôle de présentation supportant deux processus; un processus émetteur de données et un processus récepteur de données; ces deux processus fonctionnant en coopération.

2.16 - Niveau "Présentation" (Niveau 5)

Ce niveau permet d'adapter l'information reçue des programmes. Les services pouvant être fournis aux niveaux supérieurs sont les suivants :

- a) cryptage/décryptage,
- b) compactage/expansion,
- c) traduction de code (ASCII, EBCDIC, BCD...),



ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

- d) transformation des formats,
- e) transformation des commandes,
- f) gestion des notions d'appareils virtuels permettant la banalisation des programmes indépendamment des équipements utilisés.

L'ensemble regroupant le niveau Dialogue et le niveau Présentation constitue une structure de communication.

Le programme de normalisation du bus ILC a pour principal objectif la définition d'un standard de liaison numérique portant sur le niveau 1, le niveau 2 et l'interface entre le niveau 2 et les niveaux supérieurs d'une structure de communication par bus. La standardisation du niveau 1 dépend essentiellement du choix de la technologie de transmission (câble électrique, fibre optique, coax, etc...)

On trouvera en 2.4 une description du standard fonctionnel de niveau 2 retenu pour le bus ILC.

2.2 - Choix d'un standard fonctionnel de gestion de ligne (niveau 2): le protocole ILC (interface au standard HDLC).

Il existe deux grandes classes de protocoles utilisées pour la gestion de ligne.

a) les protocoles par caractères : qui furent les premiers développés, historiquement, et qui présentent l'inconvénient de ne pas résoudre le problème de la transparence (à chaque transmission, il faut en particulier s'assurer que dans les données à transmettre, il n'y a aucune suite de caractères équivalente à une suite de caractères de contrôle de protocole),

b) les protocoles par trames de bits : grâce à ces protocoles, la gestion de la transparence est assurée par le matériel au plus bas niveau et donc décharge le logiciel de cette tâche qui peut se révéler fort lourde.

Une trame est une séquence quelconque de bits encadrée par deux séquences particulières appelées drapeaux. A l'intérieur, des champs particuliers sont définis :

- champ commande,
- champ adresse,
- champ de contrôle de trame (FCS) par calcul d'un CRC (Cyclic Redundancy Checking).

C'est dans le but de s'affranchir du problème de la transparence de la transmission et par conséquent de simplifier les réalisations matérielles et logicielles correspondantes que l'on a choisi un protocole par trames de bits pour la gestion de la ligne ILC : le protocole ILC de niveau 2 est défini comme un sous ensemble fonctionnel du protocole HDLC ([3], [4]) ce qui présente les avantages suivants :

- Compatibilité avec un standard international (et donc réduction du coût d'étude)
- Possibilité d'utiliser des composants intégrés (circuits LSI) de grande diffusion, disponibles en technologie militaire et assurant la génération des fonctions de bas niveau de trame du protocole HDLC.

2.21 - Les procédures HDLC :

Les procédures de commande de liaison de données à haut niveau HDLC, sont conçues pour permettre une transmission synchrone et transparente des données, c'est-à-dire indépendante des séquences d'éléments binaires.

Le cycle normal des échanges de données entre deux stations consiste en un transfert de trames transportant l'information depuis la source de données vers le puits de données et l'accusé de réception

transporté par une trame en sens contraire.

Tant que l'équipement terminal de traitement de données n'a pas reçu d'accusé de réception, il doit conserver les données en mémoire pour d'éventuelles retransmissions, ce qui assure de façon naturelle, un grand niveau de sécurité dans la transmission des informations.

Un contrôle de flux entre la source de données et le puits de données est réalisé à l'aide d'un système cyclique de numérotation des trames modulo 7, à interpréter en termes de nombre de trames. Chaque couple source/puits, utilise ses propres valeurs de numérotation. Le puits de données accuse réception en communiquant à la source de données le numéro de la trame qu'il attend ensuite, ce qui acquitte automatiquement les trames précédemment reçues.

Ceci peut se faire par la transmission d'une trame séparée ne contenant pas d'information ou en écrivant dans le champ de commande d'une trame d'information.

Le contrôle de flux peut se faire dans un système en fixant un facteur d'anticipation, c'est-à-dire le nombre de trames qu'une source peut envoyer sans acquittement. Dans ce cas, le puits de données gère les acquittements de façon à ralentir la source lorsque le besoin s'en fait sentir (manque de tampons en mémoire, etc...).

2.22 - Structure d'une liaison HDLC

Deux types de structure sont possibles pour une liaison HDLC : équilibrée et non équilibrée.

2.221 - Liaison non équilibrée

Une liaison de données non équilibrée comporte deux ou plusieurs stations participantes. Une des stations est responsable de l'écoulement du trafic et des actions à entreprendre en cas de reprise sur anomalie.

La station responsable de la liaison est appelée Primaire et les trames qu'elle transmet sont des trames de commande. Les autres stations de la liaison sont dites stations Secondaires et les trames qu'elles transmettent trames de réponse.

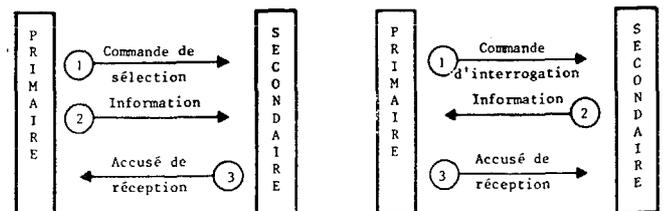
Les transferts entre le Primaire et les Secondaires peuvent avoir lieu suivant deux cas possibles :

- 1 - La source d'information est le Primaire.
- 2 - La source d'information est le secondaire.

Dans les deux cas, le Primaire contrôle les échanges sur la liaison à l'aide de commandes de sélection/interrogation ("Selecting"/"Polling").

Cas 1 :

Cas 2 :

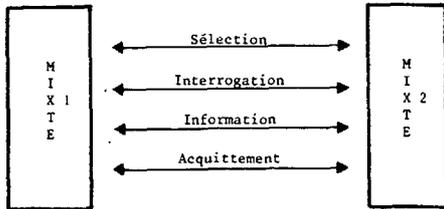


2.212 - Liaison équilibrée

Une liaison équilibrée comporte uniquement deux stations. Chaque station est responsable de l'écoulement du trafic qu'elle génère et des reprises sur les émissions dont elle est à l'origine. Chaque station est dite Mixte et doit être capable d'émettre et de recevoir des trames de commande et des trames de réponse. La station mixte source de données transmet vers la station puits de données à l'aide de commandes de

ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

sélection. Les commandes d'interrogation servent à obtenir des acquittements ainsi que des informations d'état de la station mixte partenaire sur la liaison.



2.22 - Modes de fonctionnement d'une liaison HDLC

On distingue deux classes de fonctionnement : modes opérationnels, modes non opérationnels.

2.221 - Modes opérationnels

a) Mode normal de réponse (NRM: Normal Response Mode)

Le mode NRM est un mode de fonctionnement pour des liaisons non équilibrées. Dans ce mode un Secondaire ne peut transmettre que lorsqu'il a reçu l'autorisation explicite de la part du Primaire. Lorsqu'il en reçoit l'autorisation, le Secondaire doit transmettre au moins une trame.

La réponse du Secondaire maintient la connexion dans un état actif. Le Secondaire doit marquer la dernière trame de sa réponse et ne plus transmettre tant qu'il n'en aura pas reçu à nouveau l'autorisation du Primaire.

b) Mode asynchrone de réponse (ARM: asynchronous response Mode).

Le mode ARM est également un mode de fonctionnement employé pour des liaisons non équilibrées. Dans ce mode, le Secondaire peut transmettre sans en avoir reçu l'autorisation du Primaire. La transmission peut contenir une ou plusieurs trames.

c) Mode asynchrone équilibré (ABM: Asynchronous Balanced Mode)

Le mode ABM est le mode de fonctionnement employé pour des liaisons équilibrées. Dans ce mode, chacune des deux stations Mixtes peut émettre des trames de commande à tout instant sans autorisation explicite de l'autre station Mixte.

Une transmission asynchrone de ce type peut comprendre une ou plusieurs trames.

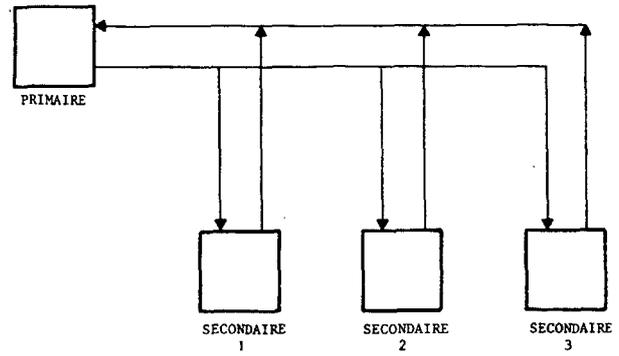
2.222 - Modes non opérationnels

On distingue les modes déconnectés et le mode d'initialisation.

Dans les modes déconnectés, une station Secondaire ou Mixte est déconnectée logiquement, ce qui veut dire qu'elle ne peut ni transmettre, ni recevoir. Dans le mode initialisation, les stations correspondantes initialisent leur programme de commande en échangeant les paramètres qui leur sont nécessaires pour fonctionner en mode opérationnel.

2.3 - Choix d'une architecture fonctionnelle = le coupleur standard CIL.

L'ILC de classe 2 se présente sous la forme d'une structure à plusieurs stations : une station Primaire, un certain nombre de stations Secondaires.



Il s'agit d'une configuration non équilibrée, type multipoint avec un Primaire contrôlant plusieurs secondaires et fonctionnant en Mode Normal de Réponse (NRM).

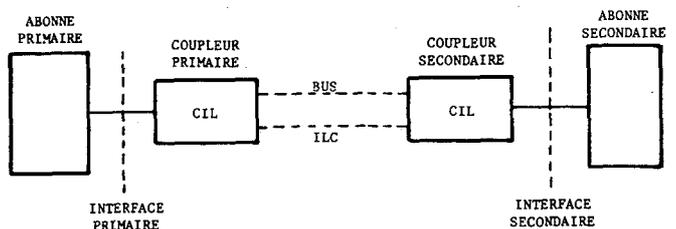
L'architecture fonctionnelle ainsi définie repose sur la réalisation matérielle et logique, d'un coupleur standard = le CIL chaque station est donc constituée d'un Abonné connecté au bus par l'intermédiaire d'un CIL, chargé de gérer, pour le compte des niveaux d'Application concernés, les protocoles de niveau 1 et 2 correspondants.

Une telle définition repose sur des préoccupations à caractère économique aussi bien que technique (standardisation des moyens d'accès à une ressource commune = le bus ILC). Ainsi, CIL Primaire et CIL Secondaires sont identiques sur le plan de leur réalisation matérielle, leurs fonctionnalités respectives n'étant différenciées qu'au niveau logiciel.

2.4 - Principes de fonctionnement de l'ILC de classe 2 :

2.41 - Définition des interfaces:

La liaison ILC de Classe 2 étant un bus non équilibré, il existe deux types d'Abonnés : Abonné primaire, Abonné Secondaire. Pour chacun des deux types d'Abonnés, le dialogue avec le Coupleur Standard CIL est différent, les fonctionnalités à gérer étant naturellement plus nombreuses au niveau de l'Abonné Primaire.



On appelle interface les moyens utilisés pour gérer les échanges entre Abonné et Coupleur Standard; ces moyens sont, d'une part matériels et d'autre part logiciels.

En particulier les moyens logiciels comprennent toute la signalisation nécessaire :

- a) à l'Abonné Secondaire pour connaître :
 - . l'état de fonctionnement du Coupleur Secondaire et de l'interface matériel vers ce Coupleur,
 - . l'état de fonctionnement du bus ILC et du Coupleur Primaire,
 - . l'état de fonctionnement de l'Abonné Primaire.

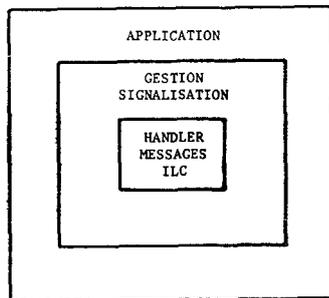
- b) à l'Abonné Primaire pour connaître :
 - . l'état de fonctionnement du Coupleur Primaire et de l'interface matériel vers ce Coupleur,



ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

. l'état de fonctionnement de chaque Coupleur Secondaire déclaré sur le bus,
. l'état de fonctionnement de chaque Abonné Secondaire.

Cette gestion est à la charge de chaque Abonné, qu'il soit Primaire ou Secondaire. (En général, cette gestion sera assurée par des couches de logiciel de bas niveau, différentes de l'application et ayant d'un côté un interface vers le "handler" de gestion de l'interface matériel vers le Coupleur Standard ILC, d'un autre côté un interface vers l'application. Le rôle de ce dernier étant de tenir l'application au courant des évolutions sur l'état des connexions maintenues).



Les échanges entre Coupleur Standard CIL et Abonné, que ces échanges soient de la signalisation ou des données se font par l'intermédiaire de messages.

Le protocole entre Abonné et CIL met donc en oeuvre :

- un ensemble de messages reconnus par les deux partenaires
- une gestion de signalisation à partir de ces messages, conforme au protocole défini par la suite.

2.42 - FORMAT DES ECHANGES

Les échanges au travers de l'interface matériel et dans chacun des deux sens possibles se fait à l'aide de MESSAGES.

Un MESSAGE est constitué d'un ou plusieurs octets dont la syntaxe et la sémantique correspondent à des spécifications bien définies. Il existe deux grandes classes de messages :

- des messages de SIGNALISATION
- des messages de DONNEES

Le rôle des messages de signalisation a été défini plus haut ; le rôle des messages de données est de transférer de l'information.

Chaque entité logique transférée sur l'interface matériel constitue un message, les différents octets du message étant transférés en série.

2.43 - DEFINITION DES MESSAGES

Les messages échangés peuvent être classés en quatre catégories :

- Gestion de la signalisation sur les connexions.
 - Gestion de la signalisation sur les échanges de données.
 - Echanges de données.
 - Echanges de mots d'état.
- a) - Messages de gestion de la signalisation sur les connexions

Ces messages sont destinés à supporter les demandes de gestion des connexions de la part de l'Abonné et aussi à le renseigner sur

l'évolution des connexions sur le bus. Ils sont également destinés à assurer une surveillance du bon fonctionnement des divers équipements du bus ILC ainsi que des Abonnés qui lui sont connectés :

- Un coupleur de bus étant capable de détecter la défaillance de l'Abonné qui lui est connecté.
- L'Abonné étant capable de détecter une défaillance du Coupleur de bus auquel il est connecté.
- Le Coupleur Primaire étant capable de détecter une défaillance de n'importe quel Coupleur Secondaire.
- Tous les Coupleurs Secondaires étant capables de détecter une défaillance du Coupleur Primaire.

L'ensemble BUS + ABONNES étant ainsi en surveillance mutuelle, une anomalie est rapidement connue et détectée avec précision. Ces fonctions de surveillance sont intimement liées au protocole défini car elles sont nécessaires au bon fonctionnement de la signalisation; il en résulte que l'auto-surveillance de l'ensemble BUS + ABONNES qui est une fonctionnalité opérationnelle indispensable est intrinsèque au système et ne provoque aucun coût supplémentaire lors de l'utilisation d'un tel protocole de haut niveau.

Le bus ILC étant un bus non équilibré il est normal que la signalisation sur l'interface Abonné Primaire - Coupleur Primaire soit plus complexe que sur l'interface Abonné Secondaire - Coupleur Secondaire.

b) - Messages de gestion des données

Ces messages concernent exclusivement l'interface Abonné Primaire - Coupleur Primaire. L'ensemble de cette catégorie de messages est utilisé par l'Abonné Primaire pour gérer les échanges de données avec les Abonnés Secondaires sur le bus. L'utilisation détaillée de ces messages est définie au paragraphe "Gestion des interfaces".

c) - Messages de transfert de données

Ce type de message est commun aux interfaces Primaire et Secondaire. Les transferts d'information utilisent ces messages exclusivement dans les deux sens possibles de transfert.

d) - Messages d'échanges de mot d'état

Ce type de messages est commun aux interfaces Primaire et Secondaire. Cette catégorie de messages permet à l'Abonné de connaître l'état du Coupleur auquel il est raccordé.

2.44 - Gestion des interfaces :

La gestion des interfaces comprend les deux aspects nécessaires au protocole d'échanges entre Abonné et CIL :

- La définition précise des messages utilisés avec leur syntaxe et leur sémantique,
 - Une description de la signalisation nécessaire à la gestion de ce protocole, c'est à dire à l'utilisation dynamique de ces messages.
- Au niveau de la description des interfaces on ne s'intéresse qu'à des messages complets et ayant transité dans un sens ou dans l'autre sur l'interface messages complets et ayant transité dans un sens ou dans l'autre sur l'interface matériel et ceci indépendamment de la structure de cet interface matériel et du mode selon lequel les transferts ont lieu.

La description du fonctionnement des interfaces se décompose en différentes phases suivant l'état de la connexion :

ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

- phase d'initialisation
- phase de connexion
- phase d'échange de données.

Les interfaces ont un fonctionnement différent suivant qu'il s'agit de l'interface Primaire ou de l'interface Secondaire.

Dans un souci de rigueur de description, le fonctionnement des interfaces est décrit au moyen d'automates.

L'automate est une formalisation du fonctionnement dynamique qui permet une description objective et simple des fonctionnalités mises en oeuvre. De plus, la mise au point, et la modification ultérieure sont d'autant plus facilitées que la réalisation est faite directement à partir des automates.

Les avantages obtenus sont alors :

- Une intégration aisée du protocole utilisateurs;
- un "langage" commun à tous les utilisateurs;
- des évolutions et des modifications possibles, et rapides, après détection de toute anomalie dans l'implantation du protocole.

En particulier, le protocole défini pour l'interface standard Abonné est géré par plusieurs automates :

- Automate de gestion de l'interface Abonné Primaire - Coupleur Primaire : "Automate Général Primaire"
- Automate de gestion des échanges avec chaque Secondaire par l'Abonné Primaire : "Automate Gestionnaire de Secondaire"
- Automate de gestion de l'interface Abonné Secondaire - Coupleur Secondaire : "Automate Secondaire".

A titre d'exemple, la figure 2 décrit l'Automate Général Primaire.

Cet automate, actif chez l'Abonné Primaire assure la gestion des échanges sur l'interface avec le Coupleur Primaire. Les différents messages émis par le Coupleur sur l'interface sont pris en compte ainsi que les temporisateurs gérés par l'automate.

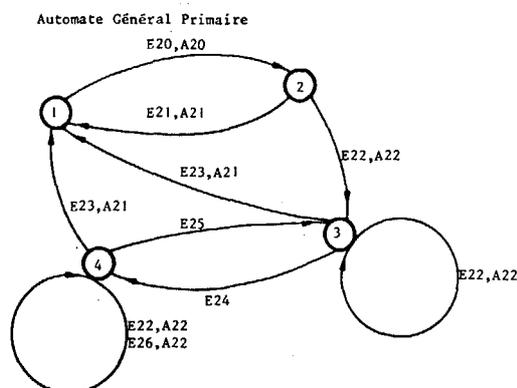


Figure 2

1 - Etats

- 1 - Etat initial
- 2 - Demande d'initialisation en attente de réponse
- 3 - Coupleur Primaire opérationnel
- 4 - BUS Opérationnel.

2 - Evènements

E20 - Demande d'initialisation du Coupleur Primaire.

- E21 - Ecoulement du temporisateur T1
- E22 - Réception du message CPOP (coupleur Primaire Opérationnel)
- E23 - Ecoulement du temporisateur T2
- E24 - Premier Automate Gestionnaire Secondaire sortant de l'état 1
- E25 - Dernier Automate Gestionnaire Secondaire revenant à l'état 1
- E26 - Réception d'un message quelconque du Coupleur Primaire.

3 - Actions

A20 - Emission du message DINIT demande d'initialisation armement du temporisateur T1

A21 - Prévenir l'application de l'état non opérationnel du Coupleur Primaire

A22 - Armement du temporisateur T2.

3. - ARCHITECTURE INTERNE ET REALISATION DU COUPLEUR STANDARD CIL :

3.1 - Architecture interne du CIL

Comme on l'a vu plus haut le Coupleur Standard (CIL) est l'équipement auquel l'Abonné est raccordé et qui fait partie intégrante de la liaison ILC. Ce Coupleur possède ainsi un double interface, d'une part vers l'Abonné, d'autre part vers la liaison et peut donc être décrit comme l'ensemble matériel et logiciel chargé de gérer ces deux interfaces (voir Figure 3).

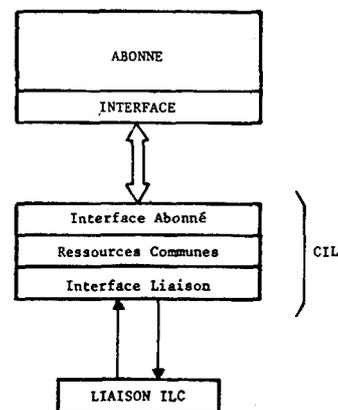


Figure 3

Suivant le type d'Abonné (Primaire, Secondaire) le Coupleur à pour mission d'assurer diverses fonctions

- gestion de l'interface Abonné
 - . interface Abonné Primaire
 - . interface Abonné Secondaire
- gestion de l'interface bus
 - . écoute sur le bus
 - . réponse sur le bus
- gestion des ressources internes
 - . processeur
 - . mémoire

La réalisation de l'ensemble de ces fonctions conduit à choisir pour le CIL une architecture interne conforme au modèle micro-informatique monoprocasseur classique Elle comporte :

- a) un ensemble de ressources communes :



ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

avec en particulier :

- une unité centrale de traitement ayant comme fonction l'exécution et l'enchaînement dynamique de toutes les tâches du CIL.
- une mémoire morte contenant les programmes propres au fonctionnement du CIL ainsi que les actions déclenchées par les automates.
- une mémoire vive de données destinée à recueillir les paramètres (état actuel, tables de codage) relatifs aux différents automates et des messages ou trames échangés (mémoire tampon).
- un bus de liaison interne.

b) - des interfaces d'entrées/sorties :

- un interface Abonné : muni d'une mémoire commune d'échanges et des outils de gestion logique et électrique associés (au standard LIPS : bus microprocesseur 16 bits)
- un interface liaison : muni des outils de ligne et outils HDLC nécessaires à l'émission et à la réception sur la liaison.

3.2 - Structure de réalisation du CIL :

conformément aux principes mêmes de la normalisation CEN le découpage physique en cartes suit étroitement le découpage fonctionnel, ce qui présente les avantages suivants :

- facilité de mise au point séparée des fonctions,
- possibilité de modernisation fractionnée (refonte d'une fonction sans remise en cause des autres),
- aptitudes logistiques (maintenabilité, gestion des rechanges, documentation,...).

Le découpage du CIL en 4 Cartes Electronique Normalisées 2A2, (160 mm x 90 mm) est explicité par la figure 4 . Il utilise :

a) un Bus de Liaison Interne :

Tous les modules communiquent par l'intermédiaire d'un bus parallèle local (du type composant 68000). Ce dernier est configuré selon une structure multimaitre simplifiée, supportant le processeur (UC) et un contrôleur d'Accès Direct Mémoire (DMA).

b) Un Module Interface Abonné : correspondant à une carte Electronique Normalisée. Ce module comporte :

- une mémoire d'interface double accès (2K mots de 16 bits), connectée à l'Abonné par l'intermédiaire d'un bus LIPS. (cf [5]).
- une logique de gestion de la mémoire
- un ensemble de registres d'état et de commande,

c) un Module Ressources Communes correspondant à deux Cartes Electroniques Normalisées ce module supporte :

- l'unité de gestion micro-processeur (UC), ses circuits de servitude, les circuits de gestion des adresses et des interruptions. (Une circuiterie adéquate est à même de générer périodiquement deux interruptions à fréquence de répétition fixe et respectivement inférieure ou égale à 1ms et à 10 ms)
- la mémoire morte (6K mots de 16 bits minimum) contenant le programme du CIL et la mémoire vive de travail 1K mot de 16 bits) utilisée par l'unité centrale du CIL.

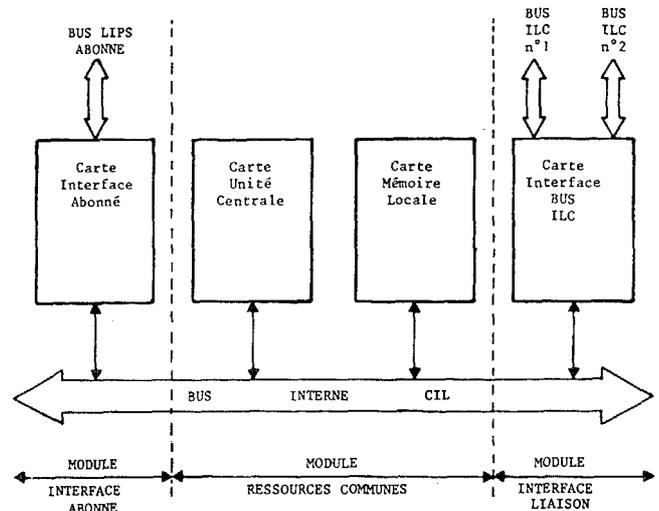


Figure 4

d) un module Interface Bus ILC (IBI) correspondant à une carte Electronique Normalisée.

Ce module regroupe les outils de lignes en deux exemplaires, le circuit contrôleur HDLC et ses circuits de servitude ainsi que la logique d'accès au bus interne du coupleur CIL. (Le circuit contrôleur HDLC doit pouvoir être placé en mode autotest par bouclage logiciel entrée-sortie).

Il est à remarquer que les outils de ligne et eux uniquement sont redondés, le contrôleur HDLC et le modulateur/démodulateur sont présents en un seul exemplaire. Ceci permet toutefois de redonder la liaison au niveau physique, ce qui présente un gros intérêt dans le cadre de reconfiguration du système.

Un circuit d'accès direct mémoire (ADM) autorisant des transferts bidirectionnels entre le contrôleur HDLC et l'espace mémoire du coupleur (mémoire d'échange et mémoire de travail) trouve aussi sa place sur cette carte.

3.3 - Performances de la liaison ILC

3.31 - Echanges sur la ligne ILC

Les performances du bus ILC sont liées à la définition actuelle du niveau 1 (Bus électrique):

- vitesse de transmission des informations de l'ordre de 1 Mbits/S
- distances de transmission de l'ordre de 100 m.

3.32 - Echanges entre le Coupleur CIL et la ligne ILC

a) Echange dans le sens Secondaire Primaire :

En faisant l'hypothèse réaliste que l'information à transmettre est disponible en mémoire de données du Coupleur Secondaire, le temps de réponse de celui-ci à une sollicitation du Coupleur Primaire (invitation à émettre) doit rester inférieur à $25C/\mu s$

Cette durée maximum couvre donc le traitement de gestion du protocole ILC, ainsi que la gestion des automates internes au Coupleur Secondaire, en situation normale de transmission (c'est à dire en ne tenant pas compte d'éventuelles anomalies de transmission).



ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

b) Echange dans le sens Primaire
Secondaire :

Si le coupleur Primaire reçoit une trame provenant d'un Coupleur Secondaire en réponse à une de ses scrutations, il doit être capable d'enchaîner l'émission de la trame suivante (qui peut également être une trame de scrutation) au bout d'un temps maximum 250 µs

Les durées de transmission sur la ligne, et le temps de réponse du Coupleur Secondaire sont utilisés par le Coupleur Primaire pour gérer sa logique de connexion (automates) et l'interface de connexion avec l'Abonné Primaire, et pour préparer la trame d'émission suivante (Scrutation ou information).

3.33 - Echanges entre le Coupleur CIL et l'Abonné.

Compte tenu du volume d'informations échangé par unité de temps entre Abonné et CIL, la cadence moyenne du transfert des informations sur l'interface correspondant (construit autour d'un bus parallèle LIPS), doit être maintenue entre 150 et 200 K Bits/S.

4. - EVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES PREVISIBLES A TERME :

4.1 - Evolutions à court terme (Améliorations du bus ILC de classe 2).

La méthodologie et le découpage fonctionnel adoptés au cours de l'étude permettent d'entrevoir trois types d'évolution à très court terme :

a) Evolution intéressant le lien physique : l'avènement sur le marché mondial des nouveaux composants et des fibres optiques permet d'entrevoir à très court terme le remplacement du module interface Bus ILC actuellement développé pour le CIL par un module fonctionnellement équivalent (et par conséquent tout à fait compatible avec les deux autres modules déjà développés) et capable de piloter un véritable bus optique.

Cette évolution présente non seulement un intérêt purement technique lié aux avantages intrinsèques des fibres optiques (rusticité du matériau de base, légèreté relative des câbles optiques par rapport aux câbles métalliques, sensibilité aux rayonnements électromagnétiques quasiment nulle, faible atténuation, élargissement de la bande passante, donc amélioration des vitesses de transmission); mais aussi un intérêt économique et industriel lié à l'effort relativement minime à consentir pour passer d'un bus ILC électrique à un bus ILC optique, tout en conservant les mêmes caractéristiques d'interface de connexion pour chaque Abonné.

b) évolutions intéressant les ressources communes internes du CIL :

Les premières réalisations du CIL utilisent dans leur définition un micro-processeur monolithique 16 bits du type Motorola MC 68000, mais ne pourront bénéficier à temps des circuits de la famille de ce macrocomposant, et correspondant à des fonctions auxiliaires du type gestionnaire d'Accès Direct Mémoire (DMA) ou de périphériques (entrées/sorties en série, entrées/sorties en parallèle, etc...). Il est donc raisonnable aujourd'hui de penser que l'avènement de chaque nouveau produit de la gamme 68000 permettra d'améliorer le module Ressources Communes (ou le module Interface Bus ILC pour le DMA) sans modifier le module Interface Abonné, et donc sans modifier les caractéristiques fonctionnelles logiques et électriques de la connexion d'un équipement au CIL.

Il en va tout naturellement de même pour les composants mémoire, et on peut envisager d'ores et déjà une amélioration sensible des performances actuellement prévisibles pour le CIL tant dans le domaine des temps de réaction (conditionnés par les temps d'accès à la mémoire) que dans celui des capacités de stockage de l'information.

c) Evolution intéressant la nature de l'Interface Abonné :

Il est enfin à noter qu'il semble techniquement possible de modifier le standard de connexion des Abonnés au CIL sans remettre en cause la définition et l'architecture fonctionnelle (notamment le protocole ILC et son implantation) du bus ILC lui-même.

Cette évolution semble moins intéressante que les précédentes sur le plan économique, ou même, technique, mais on peut tout à fait concevoir, par exemple, la définition (si les performances du système d'application peuvent s'en accommoder) d'une interface Abonné utilisant non pas un bus LIPS (16 bits parallèles) mais un bus du type composant 6800 (8 bits parallèles) avec les inconvénients associés à ce choix (caractère synchrone et limitatif au plan fonctionnel du bus), mais les avantages liés à la très grande diffusion de microprocesseur et des circuits. Annexes Cette solution avait d'ailleurs été retenue dans le projet initial.

4.2 - Evolutions à moyen et à long terme :
(développement d'un bus ILC de classe 3)

Dans le contexte des technologies actuelles un bus est un support de communication partagé entre divers équipements ; un seul équipement pouvant l'utiliser à un instant donné, il faut donc disposer d'un moyen d'allocation de cette ressource en fonction des besoins.

Au plus bas niveau, il s'agit généralement d'un support capable de traiter des signaux logiques (0,1) sous la forme de tension ou de courant et ceci à la vitesse adéquate.

Cette technique est caractérisée par deux paramètres : vitesse, distance. La limitation des performances peut grossièrement s'exprimer par l'équation :

$$\text{Vitesse} \times \text{Distance} = \text{Constante}$$

- Si on travaille lentement, on peut avoir un bus relativement long (quelques centaines de mètres)

- Si on veut aller très vite, le bus sera très court (quelques mètres).

Dans cette même technologie, l'affectation du bus ne peut se faire que par un multiplexage temporel entre les divers utilisateurs potentiels.

Deux moyens possibles :

- Multiplexage temporel "Coordonné" :

Il s'agit de gérer l'affectation de la ressource bus suivant des critères précis à la charge d'un "Gestionnaire de bus". On a alors un bus non symétrique avec un équipement gestionnaire dit "Maître" et des équipements passifs dits "Esclaves".

Le bus fonctionne alors par scrutation ("polling").

- Multiplexage temporel "Non coordonné" :

Il s'agit de laisser chaque équipement prendre le bus quand il le souhaite, si le bus est libre.

Cette technique dite de "Contention" génère des conflits qu'il faut résoudre lorsque plusieurs équipements prennent le bus au même instant.

Diverses politiques sont possibles dans un tel cas et on obtient une plus ou moins bonne utilisation du bus (en termes de taux d'occupation).



La limitation exprimée plus haut :

$$\text{Vitesse} \times \text{Distance} = \text{Constante}$$

traduit en réalité le fait que le canal de communication (la paire de fils) a une bande passante limitée et que la distorsion sur des signaux à large bande (tels que les créneaux) est proportionnelle à la distance.

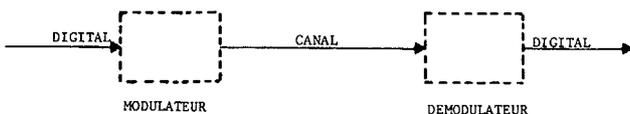
a) Premier type d'évolution = Canal de transmission unique.

Un premier moyen pour dépasser cette barrière est d'utiliser des signaux analogiques à bande passante limitée et transitant sans distorsion notable dans un tel canal de communications.

Il s'agit donc d'utiliser des dispositifs connus classiquement sous le terme MODEM (Modulateur-Démodulateur) pour transformer les signaux digitaux en signaux analogiques.

Ainsi en télécommunications spatiales a-t-on développé des modems qui fonctionnent à plusieurs dizaines de Méga-Bits par seconde. Ces modems sont associés à des dispositifs de codage par redondance afin d'éliminer les erreurs de transmission.

Le problème pour ce type d'équipements est naturellement le problème de volume et de résistance aux conditions d'environnement.



La fonction de modulation est une fonction relativement simple à réaliser avec des circuits analogiques et digitaux classiques.

La fonction de démodulation, par contre est relativement complexe et c'est l'impossibilité de réalisation de démodulateurs fiables et à coût raisonnable pour des débits élevés qui a freiné cette technique jusqu'à ces derniers temps. C'est l'avènement des télécommunications spatiales par satellite qui a motivé un sérieux effort de recherche et développement dans ce domaine particulier de la modulation à grande vitesse.

Avec certains composants développés ces dernières années (CCD, SAW), il est possible maintenant d'envisager des démodulateurs à grandes vitesses de petite taille, coût réduit et consommation minimum. Ces composants sont de deux types :

- les CCD (dispositifs à transfert de charges),
- les SAW (dispositifs à ondes de surface).

A l'aide de ces deux types de composants, on peut faire en temps réel des filtres numériques qui permettent la démodulation à grande vitesse.

En effet, on est à ce niveau dans le domaine de traitement du signal et les apports théoriques et pratiques (CCD, SAW) récents permettent de réaliser ce type de traitement NUMERIQUE EN CABLE et en temps réel.

Il semble donc possible d'envisager un accroissement par un facteur important de la vitesse de transmission sur un bus par l'utilisation de techniques de modulation.

Par contre rien n'est changé par rapport au cas précédemment exposé :

Le bus doit toujours être partagé entre les différents usagers par multiplexage temporel, coordonné ou non ; puisque c'est toujours un CANAL UNIQUE bien que rapide.

b) Deuxième type d'évolution = canal multiple :

Le multiplexage temporel présente l'inconvénient majeur de ne permettre qu'un seul échange à la fois sur le bus entre deux usagers, l'un étant émetteur, l'autre étant récepteur (en principe Half-Duplex). Que le bus soit lent, rapide, à modulation digitale ou analogique, la restriction est toujours identique. On peut se poser la question de savoir s'il n'existe pas de moyen de lever cette restriction et de permettre plusieurs échanges simultanés.

Pour des usagers parfaitement asynchrones, le fait de devoir attendre de disposer du bus pour faire ses émissions introduit bien entendu pour un usager un temps de réponse qui est fonction de la charge instantanée des AUTRES usagers du même bus. Ceci peut être gênant dans certaines applications critiques.

L'alternative au multiplexage temporel est le multiplexage de bande passante : Soit un bus de bande passante totale P et auquel sont raccordés 2N usagers. A un instant donné il peut y avoir au maximum N communications établies entre ces 2N usagers ; on peut alors imaginer d'attribuer une fraction $\frac{P}{N}$ de la bande passante totale à chacune

de ces communications ; elles peuvent alors se dérouler simultanément sur le bus.

On est donc dans la situation où on a établi N liaisons virtuelles "point-à-point", le bus servant de support physique et présentant alors les qualités du bus par rapport au vrai "point-à-point" physique : permettre des échanges entre n'importe quels usagers du bus, ceci de façon dynamique et avec un câblage réduit.

Un certain nombre de possibilités de réalisation sont d'ores et déjà envisagées, mettant en oeuvre des techniques de multiplexage de bande tantôt numérique, tantôt analogiques.

Il est important de noter les caractéristiques principales des architectures définies :

* Simultanéité des échanges entre tous les abonnés.

* Absence totale de protocole et donc de gestionnaire de bus.

* Le seul protocole nécessaire est du type "point-à-point" donc simple et efficace.

* La seule complexité de l'architecture est ramenée au niveau du matériel modulateur/démodulateur pour lequel il est nécessaire de faire appel à une technologie de pointe mais réalisable.

Il est donc aujourd'hui possible d'envisager la réalisation et l'intégration à terme de véritables bus symétriques (ILC de classe 3) à partir de l'acquis et du découpage fonctionnel du bus ILC tel qu'il a été défini.

ARCHITECTURE ET GESTION DISSYMETRIQUE
D'UN BUS NUMERIQUE SERIE AU STANDARD HDLC

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L. POUZIN et H. ZIMMERMANN, "A Tutorial on protocols" Proc IEEE, vol 66, n°11, pp 1346-1370, nov 78.
- [2] R.F. SPROULL et D. COHEN, "High Level Protocols" Proc IEEE, vol 66, n° 11, pp 1371-1386, nov 78
- [3] ISO - High Level Data Link Control - Frame structure.IS 3309, 1976
- [4] ISO - high Level Data Link Control - Elements of Procedure.IS 4335, 1977
- [5] J. GONDOLO , Mémoire d'informations latentes et unités de traitement multi-processeurs. 8ème Colloque GRETSI sur le traitement du signal et ses Applications - NICE - Juin 1981

