

Le bus volubilis. Etude et développement de l'accès réseau. Gestion et analyse des performances

Damien Zins

▶ **To cite this version:**

Damien Zins. Le bus volubilis. Etude et développement de l'accès réseau. Gestion et analyse des performances. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 1990. Français. NNT : 1990NAN10184 . tel-01754377

HAL Id: tel-01754377
https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01754377

Submitted on 30 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

n° 90-427

UNIVERSITE DE NANCY I UFR STMIA

CENTRE DE RECHERCHE EN AUTOMATIQUE DE NANCY

LABORATOIRE D'AUTOMATIQUE ET DE COMMANDE NUMERIQUE

Sc N 90/184 B

THESE

présentée à l'UNIVERSITE DE NANCY I

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

(spécialité AUTOMATIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE)

par

DAMIEN ZINS

UNIVERSITE NANCY BIBLIOTHEQUE-SCIENCES

sujet : Le bus VOLUBILIS
Etude et développement de l'accès réseau, gestion et analyse des performances

soutenue publiquement le 03 juillet 1990

devant la commission d'examen

MEMBRES DU JURY

Président	:	Monsieur le Professeur M.AUBRUN
Rapporteurs	:	Monsieur le Professeur J.BAILLOU
		Monsieur le Professeur G.PRIEUR
Directeur de recherche	:	Monsieur le Professeur F.LEPAGE
Examinateurs	:	Monsieur le Professeur M.VERON
		Monsieur C.RYCKEBOER

BIBLIOTHEQUE SCIENCES NANCY 1
D 095 145103 0

AVANT-PROPOS

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention CIFRE associant :

- Le Laboratoire d'Automatique et de Commande Numérique du Centre de Recherche en Automatique de Nancy (LACN-CRAN UA 821 du CNRS), dirigé par Monsieur le Professeur M. VERON. Je le remercie chaleureusement de m'avoir accueilli dans son laboratoire et de participer au jury.

- La société COMPEX, dont le directeur est Monsieur C. RYCKEBOER, que je remercie pour m'avoir fait confiance.

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été menés à la société COMPEX, sous l'oeil vigilant de Monsieur A. DUTRUEL et averti de Monsieur le Professeur F. LEPAGE, responsable de l'équipe "Réseaux Locaux Industriels" au LACN.

Je tiens à remercier plus particulièrement :

- Monsieur le Professeur M. AUBRUN, Directeur du LARA (CRAN), Laboratoire d'Automatique et de Recherche Appliquée de l'Université de NANCY I, pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury.

- Monsieur le Professeur J. BAILLOU, chef du département Génie électronique et Informatique Industrielle de Tours, et Monsieur le Professeur G. PRIEUR, Directeur du laboratoire d'instrumentation électronique de l'Université de NANCY I (LIEN)pour avoir acceptés de juger ce travail.

- Messieurs les Professeurs F. LEPAGE et M. VERON et Monsieur C RYCKEBOER déjà cités, pour l'honneur qu'ils me font de participer au jury.

Je tiens aussi à remercier mes collègues de COMPEX avec lesquels j'ai travaillé dans de bonnes conditions durant ce travail. Je remercie tout particulièrement :

- Messieurs C. DUPANLOUP et R. CUILLEREY, mes correspondants de l'autre côté du fifo.

- Messieurs T. DELIGNIERES et S. PIGEAULT, avec qui j'ai travaillé sur le "matériel" du macrocomposant.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

CHAPITRE 1 : LES RESEAUX LOCAUX - LA COUCHE LIAISON

CHAPITRE 2 : ETUDE DU MACROCOMPOSANT VOLUBILIS : LE MVBS

CHAPITRE 3 : ADMINISTRATION ET ANALYSEUR DE RESEAU

CHAPITRE 4 : EVALUATION DES PERFORMANCES

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION

I LES RESEAUX LOCAUX - LA COUCHE LIAISON

I.1 Introduction : l'analyse de Bernard Cassen

I.2 Modification de l'idée de production - le concept CIM

I.3 Les réseaux locaux
  I.3.1 Le niveau 0 : capteurs - actionneurs
  I.3.2 Le niveau 1 : ilôt d'automatismes
  I.3.3 Le niveau 2 : usine - atelier
  I.3.4 Le niveau 3 : administration - études

I.4 La normalisation des communications
  I.4.1 Particularité de la norme OSI aux RL
  I.4.2 Les organismes de normalisation
  I.4.3 Les documents des normes
  I.4.4 Le profil de norme
  I.4.5 L'état des normes des couches basses

I.5 Les réseaux locaux industriels (RLI)
  I.5.1 Le choix d'un RLI

I.6 COMPEX et les réseaux LAC-LAC2-LACMIC
  I.6.1 Le réseau LAC
    I.6.1.1 structure logicielle d'un communicateur LAC
    I.6.2.2 Le réseau LAC et la norme OSI
  I.6.2 La stratégie de COMPEX
  I.6.3 Les spécificités du réseau LAC2
  I.6.4 Le bus, le macrocomposant MVBS
    I.6.4.1 Le macrocomposant MLAC
  I.6.5 Le réseau LACMIC

I.7 Vers des réseaux locaux industriels normalisés
  I.7.1 Le réseau FIP
  I.7.2 Le réseau MAP

I.8 La couche liaison - Les normes ISO 8802
  I.8.1 Généralités sur la norme OSI
    I.8.1.1 Définition d'une couche
    I.8.1.2 Le protocole du modèle OSI
    I.8.1.3 Les services primitives

I.9 La sous-couche LLC (Logical Link Control)
  I.9.1 Les services de la sous-couche LLC
    I.9.1.1 Les services du mode sans connexion
    I.9.1.2 Les services avec connexion
    I.9.1.3 Les services sans connexion avec acquittement
  I.9.2 La structure d'un PDU
    I.9.2.1 Le format d'un PDU
  I.9.3 Les types et les classes de procédure
    I.9.3.1 Les types
    I.9.3.2 Les classes définies dans LLC
  I.9.4 Les procédures
  I.9.5 L'interface sous-couche LLC et sous-couche MAC

I.10 La sous-couche MAC (Medium Access Control)

I.11 Le CSMA/CD - norme IEEE 802.3
  I.11.1 Description du CSMA/CD
  I.11.2 La tranche canal (ou "slot time")
  I.11.3 D'autres méthodes de résolution des collisions
    I.11.3.1 Le DCR (Deterministic Collision Resolution)

Exemple
I.11.3.2 Le CA (Collision Avoidance)
I.11.4 Format des trames IEEE 802.3
I.11.4.1 L'entête de trame
I.11.4.2 Les données
I.11.4.2 La fin de trame
I.11.5 Le diagramme d'état de la transmission d'ETHERNET

INTRODUCTION

Les nouvelles technologies de l'information ont, pour l'avenir, une portée stratégique telle que l'inaptitude à les exploiter risque de s'assortir de sanctions pour l'entreprise. Ce qui devient important, pour la croissance économique, n'est plus l'énergie mais l'information. [GAU.88]

Un concept informationnel, le **CIM** - **C**omputer **I**ntegrated **M**anufacturing - a été introduit dans l'entreprise dont une des composantes au niveau de la fabrication est le réseau local industriel.

Le sujet de cette thèse se rapporte à ce moyen de communication dans l'entreprise, le réseau local industriel, et tout particulièrement à son interface avec le bus de communication.

Cette étude porte sur la spécification et la réalisation du bus et du macrocomposant nommés VOLUBILIS, produit commercialisé par la société COMPEX depuis fin 1988.

L'objectif du premier chapitre est de situer les produits de COMPEX dans le contexte industriel, dans l'offre réseau du marché, puis de donner, par une étude succinte de la couche liaison, les différentes méthodes et protocoles d'accès à un câble réseau et plus particulièrement le CSMA/CD.

Le chapitre 2 donnera les spécifications de la couche physique et liaison du macrocomposant VOLUBILIS. Il décrira les éléments constituants, la cinématique et les services ainsi que la réalisation du macrocomposant MVBS.

Le chapitre 3 étudiera l'administration de réseau, les propositions de la normalisation puis donnera les caractéristiques de l'analyseur de réseau VOLUBILIS et de son interface réseau.

Le chapitre 4 évaluera le bus VOLUBILIS, sa méthode d'accès au support, sa détection et sa résolution des collisions par un test concret réalisé avec des communicateurs LAC2 de COMPEX.

I LES RESEAUX LOCAUX - LA COUCHE LIAISON

I.1 Introduction : l'analyse de Bernard Cassen [CAS88]

"Le fordisme n'est pas mort partout. Sa crise dans l'occident industrialisé tient aussi pour une part, à sa montée en puissance dans les nouveaux pays industrialisés (NPI) : bassin du Pacifique, Thaïlande, Brésil, etc... où les coûts de la main d'oeuvre sont très inférieurs. Face à la production en très grande série effectuée à la chaîne, de matériel électrique, de matières plastiques, d'électronique grand public, etc... l'Europe, le Japon, l'Amérique du Nord n'ont d'autres choix, à terme que de jouer la carte des produits complexes, à très forte valeur ajoutée, de très haute qualité, fabriqués en grand nombre - mais en petites séries - pour répondre aux exigences de plus en plus diversifiées des consommateurs. D'où une organisation dite "**flexible**" de la production, reposant sur de petites unités dotés de machine-outils ou de robots programmables par l'informatique et pouvant fabriquer simultanément une gamme très différenciée de produits dérivés d'une même forme de base et livrés "**juste à temps**" pour éliminer les frais de stockage...

"La seule ressource véritablement rare n'est plus la matière première (les matériaux pouvant être conçus pratiquement à la demande) mais l'intelligence humaine et surtout, le temps. Le temps nécessaire à la fourniture au destinataire final des produits et services requis. La réduction maximale des "**temps morts**" dans l'engagement des hommes et des machines, le stockage,... pour viser à une production "**temps réel**" - stade suprême de l'optimisation des ressources - tel est aujourd'hui l'objectif de l'"intégration". La théorie des systèmes de production intégrée par ordinateur - ou **CIM** Computer Integrated Manufacturing - part de l'hypothèse que toutes données administratives doivent être

connectées à toutes les données techniques pour faire de l'entreprise un ensemble interdépendant, tendu vers une production globale, elle-même "tirée" par la fonction commerciale. En d'autres termes, on tend à ne fabriquer que ce qui est déjà vendu ou sur le point de l'être alors que la logique consiste à fabriquer d'abord pour essayer de vendre ensuite."

Ce texte regroupe une partie de la terminologie littéraire "productiviste" auquel il faut ajouter l'idée de qualité, dans son sens le plus "large", explicitée par la formule des 5 zéros :

- "zéro défaut"
- "zéro délai"
- "zéro stock"
- "zéro papier"
- "zéro panne"

La qualité est une formule subjective liée à la comparaison de plusieurs entités par l'appréciation des utilisateurs. Sa valeur doit être recherchée chez tous les intervenants du cycle de production, depuis la conception jusqu'à sa vente ; elle est le gage de compétitivité de l'entreprise vis à vis de ses concurrents.

I.2 Modification de l'idée de production - le concept CIM

Cette nouvelle idée, de production et de la fonction d'entreprise, a été possible, en partie, grâce à l'évolution exponentielle des techniques.

Depuis le début des années 1970 et le développement des microprocesseurs et de l'électronique, le concept de l'intelligence distribuée a progressé. Les capacités croissantes des composants à intégrer des fonctions de plus en plus complexes, ont permis une décentralisation, de fait, des traitements. Les travaux, les plus simples et les plus rentables de par leurs caractéristiques, ont d'abord été automatisés et informatisés pour former des "**ilôts de productivité**".

Il s'agit aujourd'hui de relier ces îlots pour atteindre une amélioration globale de la fonctionnalité d'entreprise dans tous ses flux d'informations et de matières.
L'**intégration** et la **flexibilité** sont les buts ; le moyen est la circulation et le partage des informations entre tous les services participant à la vie du produit qui est la base du **CIM**.

Le **CIM**, dénommé aussi Computer Integrated Management chez IBM, regroupe, autour du processus automatisé, la conduite, la gestion technique, la gestion financière et la maintenance avec pour objectif de maximiser la qualité, la quantité et la disponibilité des installations.
Cette structure de l'entreprise est réalisée, par et autour de l'ordinateur, tranformateur de l'information et le **réseau local** (RL) comme véhicule de transport des données (texte, voix, images).

Le concept **CIM** n'est pas une usine sans hommes, c'est surtout une nouvelle vision de production de l'entreprise. Il requiert une participation de tous les constituants ou ressources qui y travaillent autant internes qu'externes : le personnel et les sous-traitants.

Le concept **CIM** n'est principalement qu'une idée, aujourd'hui, cependant certains exemples de réalisation **CIM** existent. Elle se trouvent majoritairement dans les grandes entreprises :
les constructeurs automobiles, PSA à Rennes, TELEMECANIQUE à Dijon, IBM à Bobigny et à Montpellier, etc...

Une conclusion sommaire et orientée à cette introduction :
Les **réseaux locaux** (ou RL) sont le nerf du transport de l'information dans l'entreprise, que ce soit les **réseaux locaux d'entreprise** (ou RLE) ou les **réseaux locaux industriels** (ou RLI).
Ils sont les maillons indispensables à la communication dans l'entreprise.

I.3 Les réseaux locaux

Le réseau local est une solution générale pour véhiculer l'information dans l'entreprise. Devant l'impossibilité de répondre à la diversité des équipements à relier (du fait de leurs natures, de leurs structures, de leurs caractéristiques, de leurs langages), une décomposition, en éléments simples, a été effectuée.

Ce découpage général se représente par une hiérarchisation en 4 niveaux [LEP.86]:

- Niveau 0 : terrain -capteurs - actionneurs
- Niveau 1 : cellule - îlot d'automatismes
- Niveau 2 : atelier - usine
- Niveau 3 : administration - études

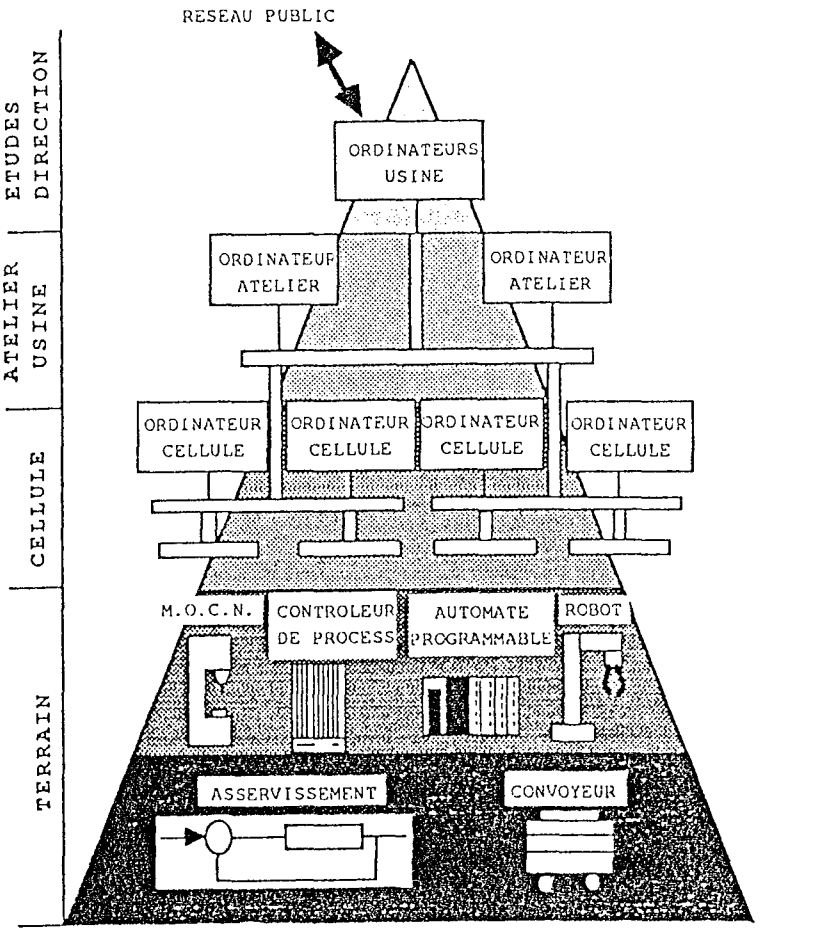


figure 1 : Le modèle d'usine intégrée

Les niveaux 0 à 2 correspondent aux réseaux locaux industriels.
Le niveau 3 correspond aux réseaux locaux d'entreprise et aux réseaux informatiques et de télécommunication.
Ces 4 niveaux sont interconnectés, entre eux, par l'intermédiaire de passerelles.

I.3.1 Le niveau 0 : capteurs - actionneurs

Le niveau 0 est le niveau le plus bas de la hiérarchie. Il correspond aux machines les plus simples au sens informationnel : les capteurs, les actionneurs, les automatismes réflexes.

Les informations du niveau 0 sont de type process-acquisition. La taille des messages est courte (quelques octets à quelques centaines octets).

Les contraintes "temps réel" sont importantes de l'ordre de quelques centaines de milli-secondes.
La sécurité du transport d'informations ainsi que la simplicité d'emploi doivent être élevées.
Le coût du réseau doit être peu élevé, généralement de 10% du prix des composants.
Ces réseaux sont nommés "**réseau de terrain**" ("FIELDBUS") ou de plancher industriel ; ils doivent remplacer, à terme, les liaisons monopoints de type boucle de courant.
Ces réseaux font l'objet de nombreuses études et de réalisation de la part

<u>soit des constructeurs</u> :

- réseau **HART** (Highway Adressable Remote Transducer) du fabricant de capteurs américain Rosemount.
- réseau **BITBUS** d'INTEL basé sur un microprocesseur de la série 8031.

soit d'association d'instances nationales et de constructeurs :

- réseau **FIP** (Flux Information Processus ou Factory Instrumentation Protocol en anglais) né à la suite d'une recommandation du Ministère de la Recherche et de la Technologie français en 1982 et du constat, de l'absence de projets et de norme concernant les réseaux de terrain en France.
  La réalisation est faite par les industriels TELEMECANIQUE (composant Fipart), CSEE et CEGELEC (composant Fullfip)

- réseau **PROFIBUS** (compression de **PRO**cess **FI**eld **BUS**) élaboré par le Ministère allemand et par un groupe d'industriels comprenant Siemens, Bosch et Klöckner Moeller.

I.3.2 Le niveau 1 : îlot d'automatismes

Le réseau du niveau 1 est de type **contrôle-commande** [GTH.84]. Il relie les ingrédients des "îlots d'automatismes" :

les robots, les commandes numériques (CN), les automates programmables (API).

La taille des messages est moyenne. Elle comporte aussi bien des fichiers (programmes pièces) que des messages de commandes, de contrôles ou d'alarmes.

Les contraintes "temps réel" sont importantes de l'ordre de quelques centaines de milli-secondes à la seconde.

Les réseaux de niveau 1 sont plus spécialement conçus par des constructeurs d'automatismes :

- les plus connus sont **JBUS** d'April, **MODBUS** de AEG Modicon, **TELWAY 7** ET **UNITELWAY** de Télémécanique, **SINEC H1**, **SINEC L1** de Siemens.

D'autre part, il existe des réseaux, dits **hétérogènes**, de constructeurs indépendants. Ces derniers permettent le dialogue entre plusieurs constructeurs d'automatismes :

- les réseaux **LAC**, **LAC2** de COMPEX ou le réseau **FACTOR** de la société Aptor.

Tous ces produits sont des réseaux propriétaires. Les produits normalisés sont en cours de développement. Parmi ceux-ci, la version **MAP-EPA**, réduite au couche 1, 2 et 7, du **MAP** complet semble être la solution d'avenir à ce niveau.

(**MAP-EPA** pour **M**anufacturing **A**utomation **P**rotocol
- **E**nhanced **P**erformance **A**rchitecture)

I.3.3 Le niveau 2 : usine - atelier

Les îlots d'automatismes sont regroupés en atelier où le volume d'informations et le nombre de types différents de données peuvent être importants (données, voix, images) ce qui impose une vitesse de débit élevée, de l'ordre de quelques méga-bits par seconde.

Les applications sont les activités de supervision et de suivi de production (GPAO).

Les contraintes de temps sont moins importantes.

Les réseaux utilisés sont souvent les mêmes qu'au niveau 1, dotés de débit réseau élevé.

- **FACTOR** d'Aptor
- **MAP** de la Général Motors (GM)

I.3.4 Le niveau 3 : administration - études

Les réseaux de niveau 3 sont les réseaux locaux d'entreprise ou de bureautique.

Les informations du niveau 3 sont de type planification, gestion ou l'ensemble des XAO (CAO, CFAO...).

Ils échangent des fichiers sur des bases de données, des commandes-clients, des objets de gestion... qui sont souvent de tailles importantes mais dont les contraintes de temps sont négligeables.

Ils sont généralement dans un milieu peu parasité.

Ces réseaux sont à la base des immeubles "intelligents".

Le principal réseau est **ETHERNET** créé par Rank Xerox, Digital et Intel en 1980, qui existe maintenant sur toute topologie (bus, étoile) et sur tout type de support physique (éther, paire torsadée, coaxial, fibre optique).

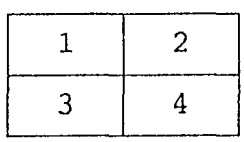
Le projet de réseau normalisé est **TOP** (Technical & Office Protocol), initialisé par la firme Boeing, en temps que complément du réseau **MAP** dans les bureaux d'études.

I.4 La normalisation des communications

La base de référence de communication (télécommunication ou RL) est le modèle OSI (Open Systems Interconnection), à 7 couches, document référencé ISO 7498-1, défini depuis 1977 par l'ISO (International Standard Organization).

Sa définition est apparue, avec l'expérience acquise sur les grands réseaux de télécommunication, pour résoudre les problèmes d'interconnexion des systèmes par l'énoncé d'un modèle de structure de protocole.

Le modèle a été réorganisé, en septembre 1986, par l'adjonction d'éléments nouveaux ou complémentaires, sous formes d'additifs : pour le mode sans connexion, pour l'adressage, la sécurité, la gestion OSI.



1: ISO 7498-1: Modèle de Référence OSI de Base
2: ISO 7498-2: Architecture de Sécurité
3: ISO 7498-3: Dénomination et Adressage
4: ISO 7498-4: Cadre Général pour la Gestion OSI

figure 2 : modèle de référence pour l'OSI depuis 1986

La normalisation est le "mal" nécessaire et souhaitable pour l'interopérabilité des systèmes de communication.

Car l'avenir promis, aux réseaux locaux, est qu'ils seront hétérogènes, transparents, flexibles ou qu'ils ne seront pas.

couches		fonctions
n°	nom	
7	application	Elle définit les mécanismes communs utiles aux applications reparties et la signification des informations é--changées
6	présentation	Elle définit la forme des informations échangées : structure, syntaxe, codage
5	Session	Elle fournit des outils de synchroni--sation et de gestion du dialogue en--tre entités communicantes
4	Transport	Elle fournit les moyens de transport d'information d'un bout à l'autre en--tre 2 utilisateurs situés dans des systèmes différents, indépendamment des caractéristiques du ou des réseaux réellement utilisés
3	Réseau	Elle réalise l'acheminement des infor--mations au travers du réseau pour des modules non directement connectés
2	Lien ou Liaison	Elle permet le transfert fiable d'in--formations entre des systèmes direc--tement connectés
1	Physique	Elle décrit les interfaces mécaniques et électriques pour l'échange des si--gnaux porteurs des informations

figure 3 : le modèle de référence OSI de base[LEP89]

I.4.1 Particularité de la norme OSI aux RL

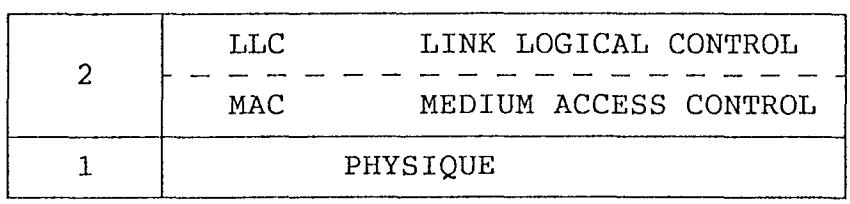


figure 4 : le modèle OSI (couche 1 et 2) pour les réseaux locaux

Les méthodes d'accès au support des réseaux locaux dépendent du support physique sur lesquelles elles sont basées.

Cette relation a entrainé une division en sous-couches de la couche liaison :

- la sous-couche MAC (Medium Access Control) est orienté gestion de la couche physique.
- la sous-couche LLC (Logical Link Control) s'occupe de la logique du protocole entre 2 entités, couche liaison.

I.4.2 Les organismes de normalisation

Les organismes de normalisation sont des sociétés publiques ou privées,(association de constructeurs) au plan national, européen, américain ou international dont les plus représentatifs sont :

AFNOR : Association Française de NORmalisation
DIN : Deutsche Institut für Normung
ANSI : American National Standards institute
ISA : Instrument Society of America

CEN : Comité Européen de Normalisation
CENELEC : Comité Européen de Normalisation ELECtrotechnique
ECMA : Europeen Computer Manufacturers Association

ISO : International Standard Organization
CEI (IEC) : Commission Electrotechnique Internationale
CCITT : Comité Consultatif International pour le télégraphe et le téléphone

I.4.3 Les documents des normes

L'ISO est divisé en comités techniques TC (Technical Committee) puis en sous-comités (SC) spécialisés qui définissent les normes par l'écriture de 3 documents successifs :

- **DP** (Draft Proposal) sont les documents préparatoires
- **DIS** (Draft International Standard) sont les documents de la norme expérimentale.
- **IS** (International Standard) sont les documents de la norme définitive.

Exemple : le groupe SC 6 s'occupe des couches basses du modèle OSI, le SC 21 des couches hautes.

I.4.4 La normalisation par profil

La normalisation par profil (ou norme fonctionnelle) est destinée à définir un ensemble de normes, une pour chaque couche, pour un type d'application donné. Elle assure, à l'utilisateur, l'interopérabilité des produits implémentants ces profils.
Le réseau **MAP** suit, par exemple, un profil de norme (figure 11).

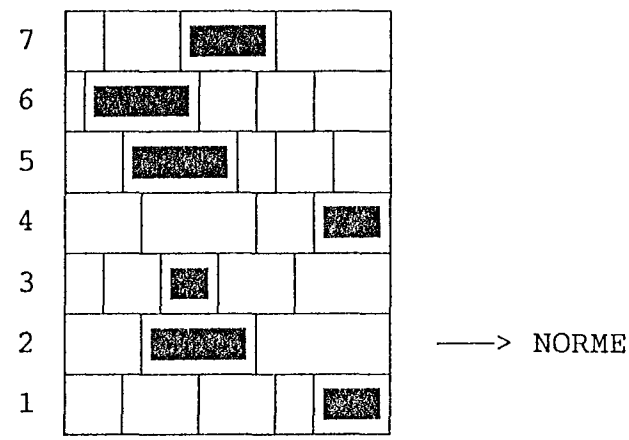


figure 5 : Normes et profils

I.4.5 L'état des normes des couche basses

Les normes OSI sont en cours d'élaboration depuis 1977. Toutes les couches n'ont pas encore de norme définitive. Les définitions se portent actuellement sur la couche application (messagerie MMS), l'administration de réseau.

L'état d'avancement des principales normes et des projets du sous-comité ISO SC6 sur la couche physique et les méthodes d'accès des réseaux locaux est le suivant [RUS.89] :

ISO 8802-2		Logical Link Control
ISO 8802-2	DAD1	Contrôle de flux/LAN
ISO 8802-2	PDAD2	Logical Link Control type 3
ISO 8802-3		CSMA/CD 10 base 5
ISO 8802-3	DAD1	CSMA/CD 10 base 2
ISO 8802-3	DAD2	Repeater Unit for 10 base 5
ISO 8802-3	DAD3	CSMA/CD 10 broad 36
ISO 8802-3	PDAD4	CSMA/CD 1 base 5 Starlan
ISO 8802-3	DAD5	Fiber Optic Inter-repeater Link
ISO 8802-4		Token-Bus
ISO 8802-5		Token-Ring
ISO 8802-5	PDAD1	4 and 16 Mégabits/s spécification

ISO 8802-7 Slotted-Ring

DAD : Draft ADdendum
PDAD : Proposal Draft ADdendum

D'autres travaux en cours ou en projet y sont directement liés, notamment les travaux concernant les normes suivantes :

DP10038		MAC Bridging
DP10039		MAC Service Definition
ISO 9314-1,2,3		FDDI
SC6 N4836		Tests 8802-2
ISO 8802-2	PDAD4	Enhancements
SC6 N4834		LSAP Address
ISO 8802-5	PDAD2	MAC layer Enhancement
ISO 8802-5	PDAD3	Management Entity Specification
ISO 8802-5	PDAD4	MAC Bridging-Routing

I.5 Les réseaux locaux industriels (RLI)

Le monde des RLI est différent de celui, plus connu, plus ancien, des réseaux de télécommunication.
La fonction d'un RLI est de véhiculer des informations de type contrôle-commande entre des équipements automatisés dans un milieu "agressif" avec des contraintes temporelles élevées.
C'est pourquoi, il est nécessaire de donner les caractéristiques qu'impose le choix d'un RLI.

I.5.1 Le choix d'un RLI

Le choix d'un RLI se fait sur les besoins et les contraintes de l'application industriel.

- du niveau de l'application (réseau de terrain ...),
- de l'homogénéité ou de l'hétérogénéité du parc des machines, (interconnectivité des matériels d'automatisme les plus divers),
- son étendue géographique,
- de sa robustesse,
- de sa flexibilité (facilité de modification),
- du milieu industriel (immunités au bruits, aux parasites), (ex : la mine et la sécurité intrinsèque)
- du nombre de constituants, de stations,
- de la charge (pourcentage du temps réseau occupé par les transmissions).
- des délais de réponses aux requêtes,
- de l'ouverture par des connexions aux autres réseaux,
- de l'évolution et de l'ouverture du réseau,

- de la sécurité de l'information,
- des problèmes généraux :

    * de coûts
    * d'installation
    * d'exploitation

I.6 COMPEX et les réseaux LAC-LAC2-LACMIC

La société Compex est apparue en 1983 à Annecy, créée par 2 hommes venant de DEC :

Mr Christian RYCKEBOER pour la partie matérielle et Mr Albin DUTRUEL pour l'aspect logiciel.

Le produit est le réseau local industriel hétérogène LAC (pour Local Area Communication) dont le principe repose sur le brevet intitulé :

"Procédé et dispositif pour la communication asynchrone de type multipoints de plusieurs émetteurs-récepteurs logiques".

Les principes du réseau LAC repose sur 3 critères fondamentaux :

- la simplicité de mise en oeuvre,
- l'hétérogénéité, pour répondre à la diversité des équipements industriels (automates, robots, balances, minis, micros)
- le fonctionnement en transparence vu de l'équipement

La création de COMPEX s'est effectuée sur un marché des RLI hétérogènes inexistants en France (de même que son concurrent FACTOR de la société APSIS).

I.6.1 Le réseau LAC

Le produit LAC est un réseau "propriétaire" à COMPEX, c'est-à-dire qu'il ne suit la logique que de son constructeur. Il ne suit pas les recommmandations de la norme ISO dans ses définitions de couche.

A sa création, la logique du protocole **LAC** était schématiquement d'avoir la possibilité de partager, de réserver et de libérer une ressource entre plusieurs utilisateurs (cas typique d'une imprimante). Puis la nécessité d'effectuer des traitements déportés dans les boîtiers est apparu ce qui a entrainé la création de protocoles de surveillance.

Les traits caractéristiques du réseau **LAC** sont brièvement :

- la topologie du réseau est un **bus**,
- le débit est de **50 kilos bits par seconde**,
- le support est une **paire torsadée blindée** d'une longueur maximale de **4 kilomètres** sans répéteur sur un câble standard. Il est possible de l'allonger à **16 kilomètres** par l'utilisation de passerelles inter-segments (4 segments maximum),
- le niveau électrique suit la norme RS485,
- la transmission est de type asynchrone,
- la longueur utile des données varie entre 1 et 256 caractères.
- le système de détection des collisions est le **CSMA/CD/CA** (**C**ollision **A**voidance).
- l'accès au support est en mode multi-accès maître-maître. La notion de superviseur spécifique au réseau n'existe pas.
- 252 adresses de stations sont disponibles mais seuls 32 communicateurs peuvent être présents sur un segment, par définition de la norme RS485.
- l'émission et la réception se fait par un contrôleur de liaison série de NEC ,le MPSC µPD7201. La détection des collisions et leurs résolutions sont effectuées par traitement logiciel.

- Les principales fonctions de service sont :

  * Emission / Réception
  * Réservation / Libération
  * Diffusion
  * Acquittement
  * Téléchargement
  * Télédiagnostic
  * Lecture mémoire
  * Mise à l'heure

- Le nombre d'équipements raccordés au réseau **LAC** est important, ce qui en faisait un "standard" du marché des RLI.

  * Modbus
  * Jbus
  * Unitel Way
  * DATA HIGHWAY
  * TI-WAY
  * SMC 600
  * micro-ordinateurs de type PC
  * mini-ordinateurs HP9000/3000, SPS7 (BULL) ou VAX
  * cartes pour bus ISBX, VME, G64

- Les applications industrielles, utilisant le réseau LAC sont diverses :

  * Tunnel sous la Manche
  * Usine de retraitement de LA HAGUE
  * Usines BULL à Villeneuve d'Asq, à Angers
  * Usines agro-alimentaires (Perrier, Kronenbourg, BSN)
  * Usines pétro-chimiques
  * Industries minières avec des communicateurs avec sécurité intrinsèque
  * Caisses enregistreuses de supermarché.

I.6.1 Structure logicielle d'un communicateur LAC

La structure d'un communicateur est divisée en 6 parties, 5 tâches et un OS (Operating System) assumant chacune une fonction précise.

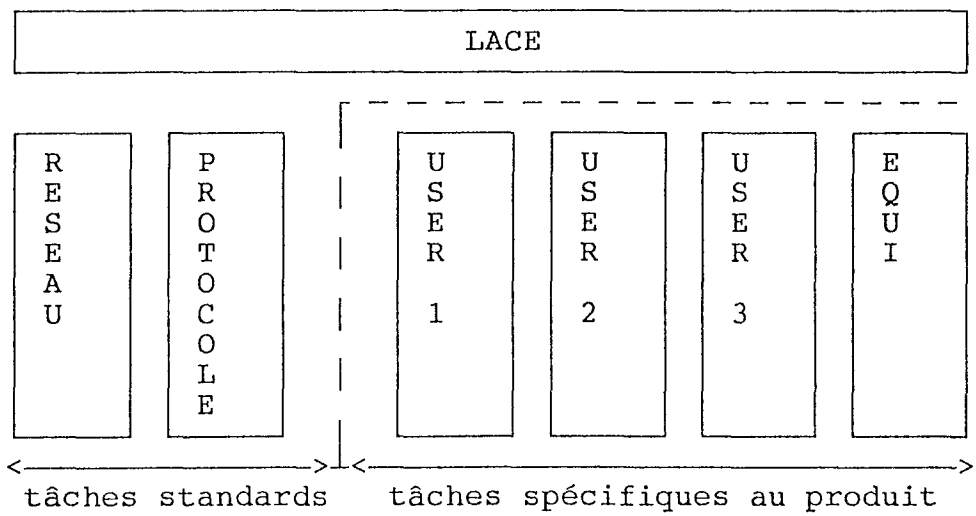


figure 6 : structure logicielle d'un communicateur LAC

- **LACE** est l'OS (Operating System) orienté temps réél du communicateur LAC.
  Il gère les ressources mémoires, les timers, les appels aux tâches et leurs synchronisation, les interruptions.

- tâche **RESEAU** gère les émissions et les réceptions sur le support physique, le contrôle de parité, du checksum.

- tâche **PROTOCOLE** gère le protocole LAC entre les communicateurs, les répétitions réseau, les acquittements, les réservations, etc...

Les tâches RESEAU et PROTOCOLE sont les mêmes pour tous les produits. Elles sont orientées gestion du protocole réseau.

- tâches **USER 1, USER 2, USER 3** servent à l'écriture de protocole d'équipement complexe (pour les surveillances, les répétitions de l'équipement)

- tâche **EQUI** gère le protocole de l'interface de l'équipement (liaison série, fifo, mémoire partagée)

Les tâches **USER** et **EQUI** sont spécifiques au produit utilisé. Ils sont ouverts à la programmation des clients qui le désirent.

I.6.2 Le réseau LAC et la norme OSI

Par sa structure, son protocole et ses services, le réseau LAC ne suit pas la norme OSI dans sa définition des couches. Néanmoins une équivalence peut être donnée :

7	Modules d'application spécifique aux produits
6	Vide
5	Libération / réservation
4	Vide
3	Transfert de données acquittement de bout en bout Téléchargement,télédiagnostic des communicateurs diffusion
2	CSMA/CD/CA Détection des erreurs, répétition acquittement local
1	RS485 codage NRZ

figure 7 : le réseau LAC et la norme OSI

I.6.2 La stratégie de COMPEX

Le réseau LAC a été un des premiers (sinon le premier) RLI commercialisé. Il a pris, de ce fait, une place prépondérante des réseaux en France (800 réseaux installés).

Cependant ce genre de réseau-constructeur est condamné avec l'arrivée de la normalisation à court et moyen terme.

COMPEX se veut un constructeur de RLI proposant des produits et des services adaptés à l'industrie dont l'objectif est de commercialiser un produit normalisé, une fois les normes stabililisées. Cet objectif est commun à tous les intervenants de la télécommunication. Les différences se font sur la manière d'y arriver.

En attendant il faut dès maintenant, proposer des produits qui permettent une réalisation et un apprentissage.
Dans cette finalité, les évolutions des protocoles de niveau applicatif des produits de COMPEX peuvent se représenter par le schéma suivant.

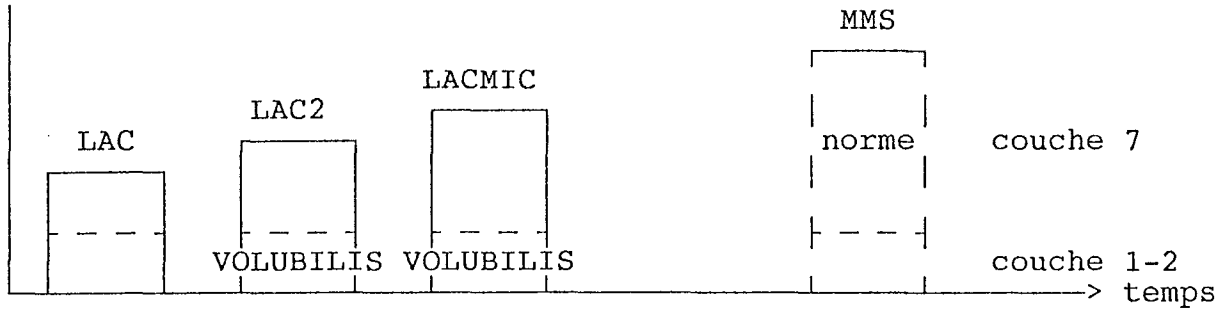


figure 8 : évolution des produits Compex

- **LAC,** présenté en 1985, est le premier réseau "propriétaire" à COMPEX.
- **LAC2,** présenté en 1988, reprend la couche applicative **LAC** amélioré sur les couches basses par le bus **VOLUBILIS** .**VOLUBILIS** représente les couches 1 et 2, physique et liaison de la norme OSI.
- **LACMIC,** présenté fin d'année 1989, comporte la couche applicative Messagerie Industrielle Compex, basé sur MMS (ou **MIC**) et les couches basses **VOLUBILIS.**
- MMS est un objectif à cours et moyen terme. Les couches basses seront choisis parmi les standards normalisés ISO du marché.

I.6.3 Les spécificités du réseau LAC2

Le réseau **LAC2** est l'aboutissement de développement du réseau **LAC.** Il en reprend le concept en améliorant les imperfections entrevus chez les utilisateurs.

- accroissement de la vitesse sur le support physique
- une interface communicateur-équipement plus souple
- un "look" plus industriel par la création de boîtier rack
- vitesses, pour les interfaces de l'équipement, plus rapides
- diagnostic à la mise sous tension du communicateur
- création d'une version 8 voies
- possibilité d'avoir plusieurs protocoles d'équipement dans un boitier.

La compatibilité logicielle ascendante entre **LAC** et **LAC2** a été recherchée, elle permet la sauvegarde de tous les développements déjà effectués sur des applications existantes.
La principale nouveauté est l'accès réseau au bus **VOLUBILIS** effectué dans le macrocomposant **MVBS** développé par COMPEX qui est le sujet de cette thèse.
Le réseau **LAC2** est donc une juxtaposition du bus **VOLUBILIS** et de la couche applicative **LAC** résumé par la formule :

LAC2 = bus **VOLUBILIS** + couche applicative **LAC**

I.6.4 Le bus, le macrocomposant MVBS

Les accès au réseau sont des composants électroniques créés, le plus souvent, par un fabricant de puces et un spécifieur.
Les exemples sont nombreux :
INTEL a créé avec les spécifieurs DIGITAL et RANK XEROX les composants du réseau ETHERNET, avec la société BOSCH le circuit 82526, dit CAN (Controller Area Network) pour un réseau automobile.
MOTOROLA a créé le Token Bus Controler (TBC) MC68824 avec IBM.

Le macrocomposant **MVBS** est la réponse, à son niveau, de COMPEX pour offrir un composant d'accès réseau.

La création d'un macrocomposant dédié au réseau, **MVBS** a permis d'attaquer de nouveaux marchés (OEM) par la vente de l'interface réseau **MVBS** uniquement.
Le macrocomposant **VOLUBILIS** est le sujet du chapitre II.

I.6.4.1 le macrocomposant MLAC

Un dérivé du macrocomposant a été créé et nommé **MLAC**. Il réalise l'interface réseau LAC à 50 kilo bits par seconde. Il permet, sur tout type de communicateurs à structure matérielle

"LAC2", par simple changement du macrocomposant et du micrologiciel d'interface au macro d'obtenir 2 produits :

LAC1 = macrocomposant MLAC + couche applicative LAC
LAC2 = macrocomposant MVBS + couche applicative LAC

Pour obtenir un **MLAC**, 3 composants du MVBS ont été changés :

- le quartz à 9,6 Méga hertz
- l'EPLD, avec la gestion particulière de l'interface réseau LAC.
- le micro-logiciel de la Rom du macrocomposant

LAC1 = macrocomposant **MLAC** + couche applicative **LAC**

I.6.5 Le réseau LACMIC

Le réseau **LACMIC** est un juxtaposition du bus **VOLUBILIS** et de la couche applicative **MIC**.[MIC.89]

La formule est :

LACMIC = bus **VOLUBILIS** + couche applicative **MIC**

Une messagerie est une réponse à la diversité des protocoles équipements par la création d'un langage commun à tous.
MIC est l'apprentissage à la messagerie **industrielle par COMPEX, avec pour objectif MMS**, dans ces fonctionnalités principales.

Le protocole MIC, calqué sur MMS, est de type demandeur-serveur.
MIC permet à des entités applications reliées à des logiciels "demandeurs" messagerie d'effectuer des opérations standardisées sur des "objets" applications reliés à des logiciels "serveurs" messagerie.
Les entités application connaissent les objets et les serveurs par leurs noms.
Les objets manipulés sont des données.
Un demandeur envoie les demandes de services de l'application vers les serveurs d'application.

Un serveur a pour rôle de rendre des services répertoriés à des entités applications au travers de demandeur. Il est défini soit par un nom, soit par un descripteur.

LACMIC connait 2 types de serveur standards :

- les serveurs d'automates programmables
- le serveur de dictionnaire

La fonctionnalité de LACMIC peut être décrite ainsi :

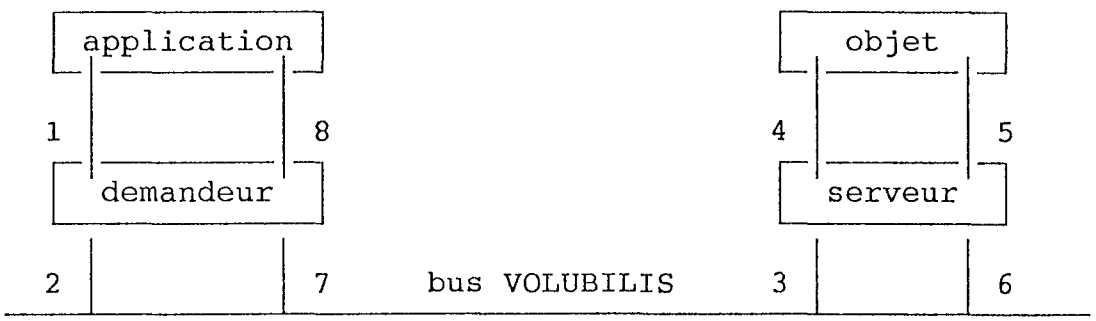


figure 9 : le mode demandeur serveur de MIC

Les fonctions essentielles retenues sont :

* Ecrire
* Lire
* Lire de manière répétitive (minutes ... millisec)
* Surveiller sur changements, sur limites, sur bandes mortes sur horodatage, sur objets différents, sur journal
* valeur d'une donnée (répétition et surveillance)
* mise sous tension d'un serveur

ainsi que des fonctions utilitaires :

* définir, supprimer, copier, interroger sur les lectures répétitives et les surveillances
* mise à l'heure des serveurs

I.7 Vers des réseaux locaux industriels normalisés

Les futurs réseaux locaux industriels pour répondre aux besoins des utilisateurs seront normalisés. Aujourd'hui, ils existent déjà sous forme de prototypes ou de produits encore chers. Deux réseaux font plus particulièrement parler d'eux.

Le premier est un bus de terrain **FIP** soutenu par l'industrie française. Le second **MAP** a été spécifié par la GENERAL MOTORS.

I.7.1 Le réseau FIP

Le réseau FIP (Flux Information Processus ou Factory Instrumentation Protocol en anglais) est né à la suite d'une recommandation du Ministère de la Recherche et de la Technologie français en 1982 et du constat, de l'absence de projets et de norme concernant les réseaux de terrain en France.

Le support est soit la **paire torsadée blindée**, soit la **fibre optique** sur une longueur maximum de 2000 mètres.
Le nombre de stations est au maximum de **256**.
Les vitesses vont de **50 Kilobits par seconde à 1 Mégabits par seconde** selon le câble.
FIP est un **bus à scrutation périodique** règlable selon les constantes de temps du processus.
Le mécanisme de base est la diffusion des informations vers tous les abonnés présents sur le support physique.
("tout abonné est consommateur potentiel d'une information émise sur le bus"). La notion d'adresse de station n'existe pas, elle est remplacée par un nom d'objet échangé.
Il permet un débit utile de deux mille informations de mesure numérique toutes les cents milli-secondes, de 3200 informations tout ou rien (TOR) toutes les 10 milli-secondes ou toutes combinaisons équivalentes.
La taille maximale des données utiles est de 128 octets.
La méthode d'accès au support est réalisée par 2 composants FIPART et FULLFIP. C'est une volonté délibérée des concepteurs afin de limiter la part de logiciel à développer pour les applications.

- FIPART : gère les couches 1, 2 de la norme ISO
- FULLFIP : gère les couches 1, 2 et 7 de la norme ISO

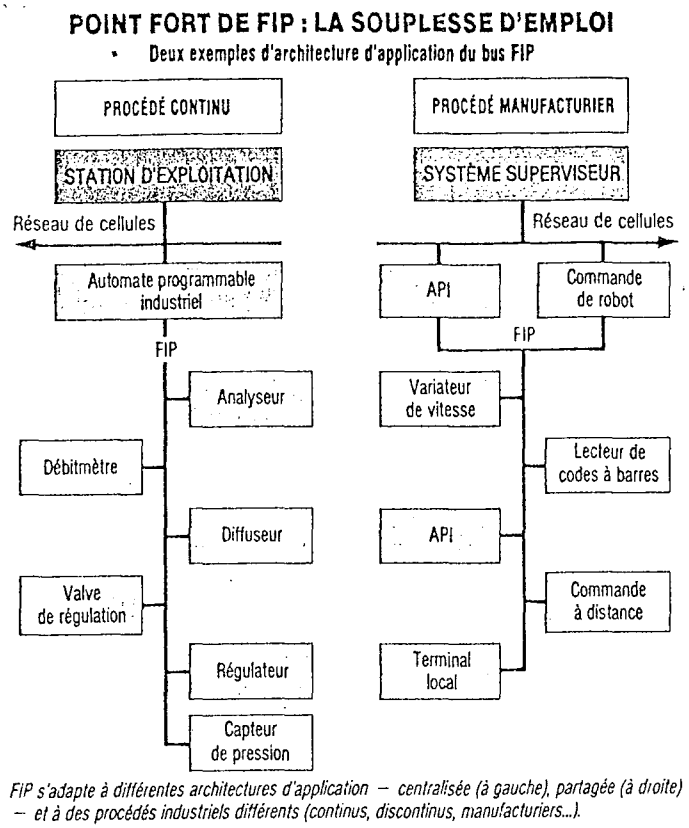


figure 10 : Exemple d'architecture d'application du bus **FIP**

Les travaux de normalisation des réseaux de terrain sont effectués par l'instance de l'**ISA** SP 50 aux Etats-Unis et par la Commission Electrotechnique internationale (CEI) en Europe.
Les bus de terrain ne seront pas soumis à un standard international avant 1991.

I.7.2 Le réseau **MAP**

Le projet de **MAP** a été lancé en 1980 par un utilisateur de réseau, la Général Motors aux Etats-Unis dont la motivation principale était une réduction des dépenses en systèmes locaux de communication dans ses usines.
L'architecture de **MAP** est en grande partie basée sur les normes ISO conforme au modèle de référence OSI.

Le support de **MAP** est du **câble coaxial** avec 2 types de modulation:

- bande porteuse (ou carrierband)
  modulation de fréquence, permettant une vitesse de 5 Méga bits/seconde.

- large bande (ou broadband)
  multiplexage en fréquences avec une vitesse de 10 Méga-bits/seconde. Elle permet le transport de la voix et de l'image.

couche	norme ISO
7	ACSE : ISO 8650
6	Présentation : ISO 8823
5	Session : ISO 8827
4	Transport : ISO 8073 class IV
3	Réseau : ISO 8473 mode datagramme
2	Liaison LLC : ISO 8802.2 classe 1 MAC : ISO 8802.4
1	Physique : IEEE 802.4.14 et 802.4.15

figure 11 : exemple de produit MAP, la carte MAPWARE (norme des protocoles)

C'est un **bus** à méthode d'**accès par jeton.**

L'avantage de **MAP** est la réponse qu'il apporte à l'hétérogénéité des protocoles d'équipements industriels, par l'utilisation, d'une messagerie industrielle **MMS** (Manufacturing Message Specification). **MMS** ne travaille pas avec des textes quelconques, au contraire, tous les paramètres sont pré-définis, chacun ayant sa propre et unique signification.

A l'occasion de l'ENE (Entreprise Network Event) de juin 1988 à Baltimore (USA), l'interopérabilité de la version 3.0 de **MAP** a été démontrée et la décision de conserver cette version pour 6 ans a été annoncée. Ceci permet d'espérer, aux utilisateurs, d'avoir des produits stables, des coûts intéressants dans un futur proche.

La méthode d'accès au support (la sous-couche MAC) est réalisée par un circuit Motorola MC68824 Token Bus Controler (TBC), dérivé de la famille M68000.

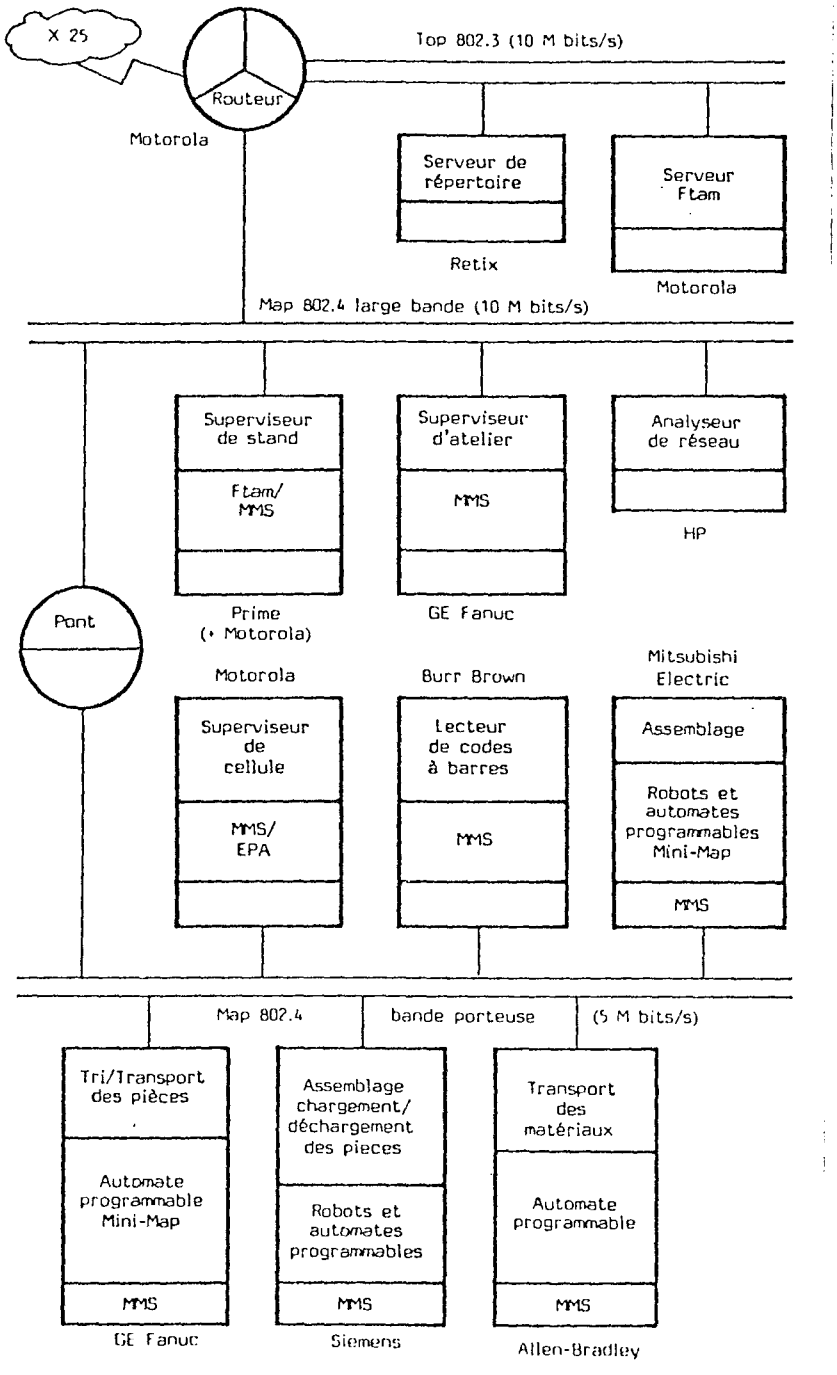


Figure 12 : Stand General Motors à l''ENE' 88

I.8 La couche liaison - Les normes ISO 8802

La particularités de réseaux locaux se retrouvent dans les couches basses et hautes du modèle OSI. Ces caractéristiques portent essentiellement sur :

- un accès multiple au support venant de stations distribuées.

- la gestion du flux et du contrôle d'erreurs effectuée dans la couche liaison au lieu de se situer dans les couches supérieures

Les RL utilisent principalement 3 types d'accès au support (norme ISO 8802-3, ISO 8802-4, ISO 8802-5) fédérés par une sous-couche LLC commune [ISO(1)].

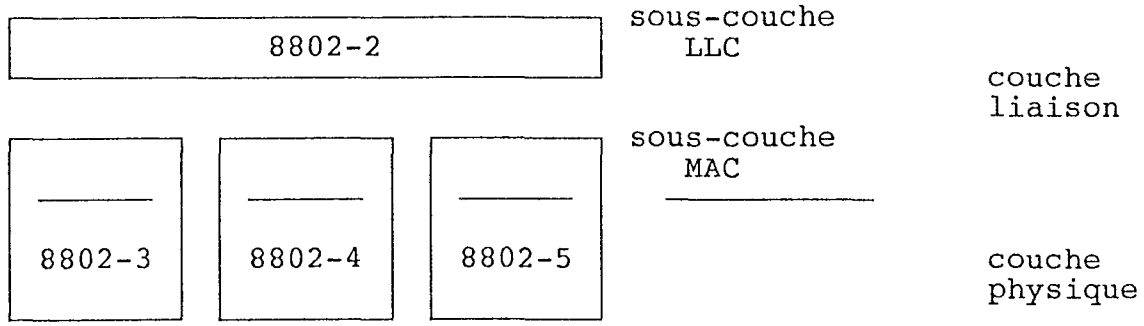


figure 13 : Principales normes des RL, couches 1 et 2, de l'ISO

ISO 8802.2 : protocole LLC associé aux sous-couches MAC

ISO 8802.3 : Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) on a bus topology

ISO 8804.4 : Token Bus

ISO 8804.5 : Token Ring

I.8.1 Généralités sur la norme OSI

I.8.1.1 Définition d'une couche

Une couche est définie par 2 éléments [LEP.89] :

- **le protocole :** ce sont les règles de dialogue entre les entités communicantes, pour les préoccupations affectées à cette couche uniquement ; le dialogue défini peut être qualifié d'horizontal.
- **le service :** ce sont les règles de dialogue entre la couche considérée et la couche adjacente supérieure sur une même entité ; le dialogue défini peut être qualifié de vertical.

I.8.1.2 Le protocole du modèle OSI

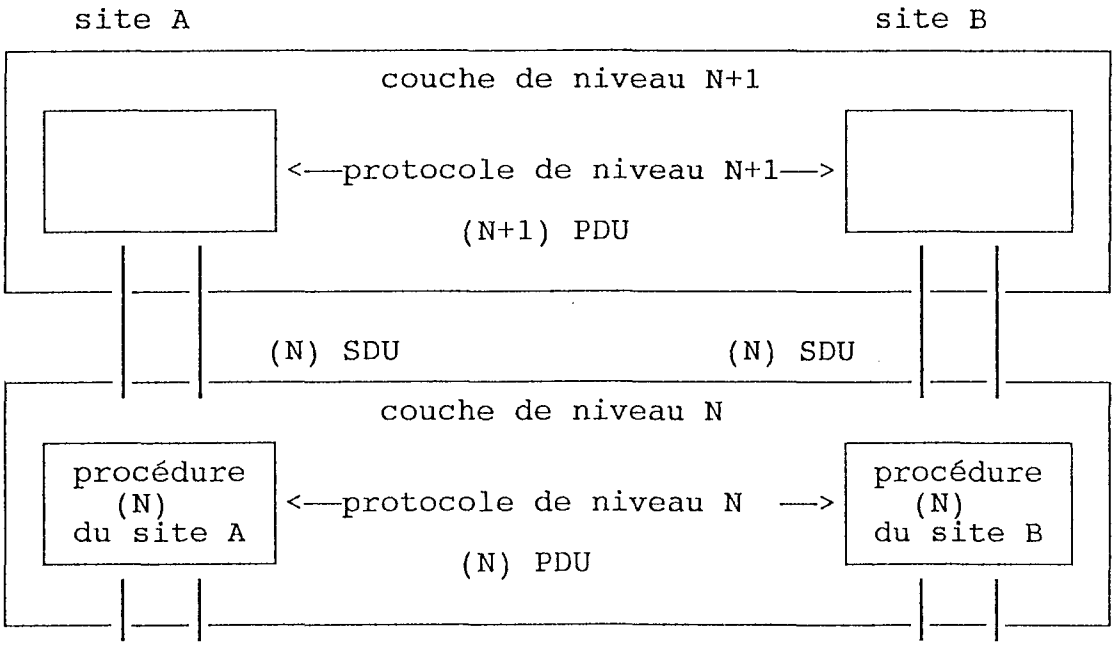


figure 14 : appels au service N-1

Les procédures du niveau N échangent des unités d'informations appelés (N)PDU, Protocol Data Unit, suivant les règles du protocole de ce niveau.

Entre deux niveaux (N) et (N+1) d'un même site, les échanges se font par des SDU, Service Data Unit, suivant les règles du service du site au point d'accès nommé SAP, Service Access Point.
L'échange d'un SDU, entre deux niveaux successifs (N) et (N+1), n'implique pas nécessairement l'échange d'un seul (N)PDU.

I.8.1.3 Les services primitives

Les services primitives OSI sont des fonctions échangées entre [MIL.87] :

- "Service User", demandeur ou destinataire

et

- "Service Provider", prestataire

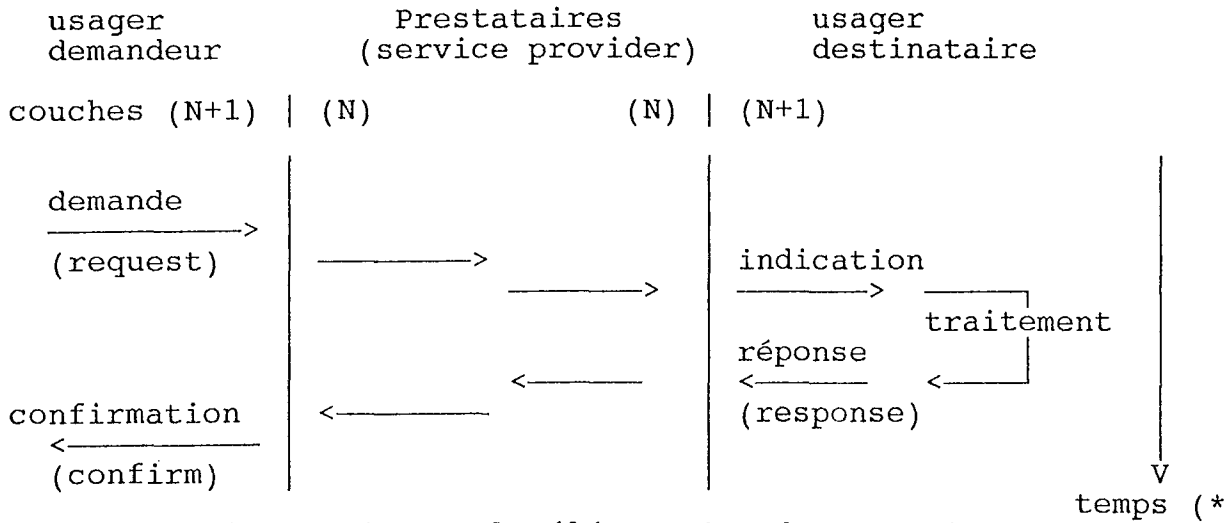


figure 15 : cycle élémentaire d'un service OSI

(*) : Ce type de diagramme inclue la notion de temps dans le séquencement de ses actions:
1)demande, 2)indication, 3)réponse, 4)confirmation.

Il existe quatre types de primitives de service entre les couches successives :

- Demande : demande de service, (N+1 --> N)
- Indication : réception d'une donnée, (N --> N+1)
  La demande devient une indication pour le récepteur.
- Réponse : réponse à une primitive Indication, (N+1 --> N)
- confirmation : réponse à une primitive demande, (N--> N+1)
  La réponse devient une confirmation pour le demandeur.

I.9 La sous-couche LLC (Logical Link Control)

La sous-couche LLC est définie dans le document "8802-2.2, Logical Link Control" du groupe ISO/TC/97/SC6.
La norme décrit les services de la sous-couche, la structure des PDU, les types et les classes de la procédure, les éléments suivant le type, et la procédure.

I.9.1 Les services de la sous-couche LLC

Les services de la sous-couche LLC sont de 3 types différents:

- un mode sans connexion et sans acquittement :

  C'est le service minimal de MAC. Il n'admet que les émissions et les réceptions. Il n'apporte aucune garantie sur la transmission des données ; il n'existe pas de fonction réponse ou acquittement. Celle-ci étant effectuée par la couche supérieure. La transmission des données se fait en point à point, en diffusion.

  Par analogie, ce mode correspond à l'envoi d'une lettre par la poste.

- un mode avec connexion :

  Ce mode assure la liaison logique entre plusieurs SAP distants par l'établissement d'une connexion avant toute transmission. Ce mode est utilisé pour des émissions en point-à-point.

  Par analogie, ce mode correspond au dialogue par téléphone.

- un mode sans connexion mais avec acquittement :

  C'est un service sans connexion mais il assure un acquittement pour soulager les couches supérieures.
  Ce mode est utilisé pour des émissions en point-à-point.
  Il a été étudié dans le cadre de MAP.

  Par analogie, ce mode correspond à l'envoi d'une lettre recommandée par la poste.

Les primitives de ces 3 modes sont explicités dans l'annexe 1.

I.9.2 La structure d'un PDU

I.9.2.1 Le format d'un PDU

Le format d'un PDU comprend 4 champs :

- DSAP : champ adresse du point d'accès du service destinataire
- SSAP : champ adresse du point d'accès du service source
- Control : champ de contrôle
- Information : champ information

DSAP address	SSAP address	Control	Information
8 bits	8 bits	8 ou 16 bits	M*8*bits

figure 16 : format d'un PDU

M est un nombre entier supérieur ou égal à zéro.

sa valeur supérieure est fonction de la sous-couche MAC utilisée.

Les champs DSAP, SSAP et CONTROL sont explicités dans l'annexe 2.

I.9.3 Les types et les classes de procédure

I.9.3.1 Les types

Il existe 3 types d'opération pour la communication entre SAP (Service Access Point) distants.

Le type 1 :

Le type 1 correspond aux échanges sans établissement de connexion entre les sous-couches LLC. Ce type ne comporte pas d'acquittement, pas de contrôle de flux et pas de recouvrement d'erreurs.

Le type 2 :

Le type 2 correspond aux échanges avec établissement de connexion entre 2 SAP distants. Les échanges ne peuvent être que des émissions en point-à-point. Après la connexion entre une adresse source et une adresse destinataire, les blocs de commande échangés sont numérotés (nombre modulo 128). Ils doivent être acquittés par des blocs de réponse de l'adresse destinataire informant l'adresse source du numéro de bloc attendu. La sous-couche LLC a la responsablité du contrôle de flux et du recouvrement des erreurs. Elle doit donc être capable de répéter les blocs en erreurs.

Le type 3 :

Le type 3 correspond aux échanges sans connexion mais avec acquittement immédiat. Cet acquittement doit arriver dans un meilleur délai fixé sinon la sous-couche LLC avertit sa couche supérieure par un compte-rendu négatif.
Ce protocole n'assure pas le séquencement des blocs échangés ni le contrôle de flux. Par contre la sous-couche LLC doit recouvrer les erreurs.

I.9.3.2 Les classes définies dans LLC

Une classe définit quels types d'opération elle autorise.

Quatre classes ont été créées.

Le tableau donne les classes et leurs types associés.

Par exemple, une classe II accepte les types 1 et 2.

classe \ type d'opération	1	2	3
I	X		
II	X	X	
III	X	X	X
IV	X		X

figure 17 : les classes définies par LLC

I.9.4 Les procédures

La norme 8802-2 décrit enfin les procédures suivant le type de la sous-couche LLC.

La description des procédures se fait par l'écriture de diagrammes d'état. Par exemple, une procédure de type 1 n'a qu'un seul mode opératoire qui décrit l'utilisation des adresses DSAP et SSAP, des PDU UI et XID de commandes et de réponses. La description est faite dans des tables d'état des transitions et par l'écriture de diagrammes (- "Station Component State Diagram" - "Service Access Point State Diagram").

Ces diagrammes sont suivis de l'explication de chaque élément : état, évènement, action, description, demande.

I.9.5 L'interface sous-couche LLC et sous-couche MAC

Une même interface est définie entre la sous-couche LLC et les différentes sous-couche MAC. Elle comprend les trois services suivants :

MA_DATA request (source_address,data,priority)

MA_DATA indication
(source_address,destination_address,data,quality)

MA_DATA confirm (quality,status)

I.10 La sous-couche MAC (Medium Access Control)

La sous-couche MAC décrit la méthode d'accès au médium. Pour les réseaux locaux industriels, le support physique est unique et le nombre de stations distribuées est multiple et important.

Les caractéristiques de cette sous-couche détermine les qualités que l'on peut demander au réseau :

charge maximale du réseau, comportement dynamique à la charge, temps de réponse, sûreté de fonctionnement.

Les principales méthodes d'accès utilisées pour les RLI peuvent se diviser en deux familles. Elles font parties du partage du canal par multiplexage asynchrone donné par F. LEPAGE [LEP.89].

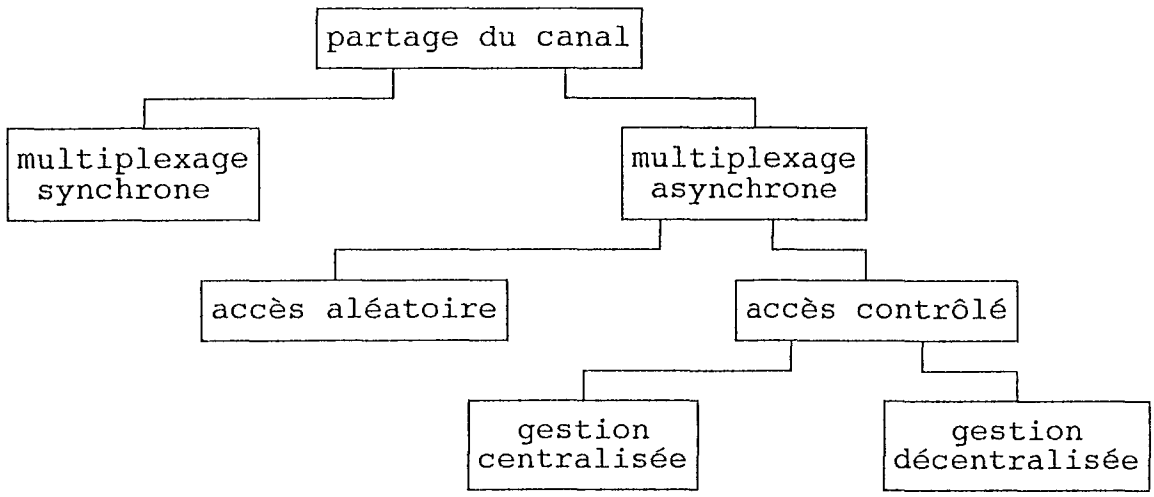


figure 18 : Classification des méthodes d'accès au canal [LEP.89]

- <u>les méthodes d'accès à compétition :</u>

  La première, anecdotiquement, nommée **ALOHA** a été créée pour relier, par un réseau hertzien, des ordinateurs placés dans diverses îles d'Hawaï durant les années 1970.

  La méthode consistait à émettre sans se soucier des autres stations.

  La détection d'un message indéchiffrable était synonyme de collision et provoquait la répétition du message.

  Cette méthode a été affinée d'abord par la méthode **SLOTTED ALOHA** ou **ALOHA** "en tranches" qui donnait à chaque station une durée temporelle pour accéder au support.

  Pour arriver à la méthode la plus usitée aujourd'hui basée sur la détection de porteuse :

  - le CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) normalisé ISO 8802-3, popularisé par le réseau Ethernet [ISO(3).89].

- les méthodes à accès contrôlé par un jeton :

  La technique du jeton a été inventée et simulée par les laboratoires Bell au Canada en 1969.

  Les deux variantes normalisées sont :

  - le **jeton sur un bus ou anneau logique**, dit **Token Bus**, normalisé ISO 8802-4, créé et popularisé par MAP.
  - le **jeton sur un anneau physique**, dit **Token Ring**, normalisé ISO 8802-5, créé et popularisé par le réseau IBM.

La méthode qui fait l'objet de ce travail de thèse est de type accès à compétition. C'est pourquoi, nous limitons, ci-après, l'étude bibliographique détaillée à la méthode CSMA/CD et à ses variantes.

I.11 Le CSMA/CD - norme IEEE 802.3

Le CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection) est la méthode la plus employée aujourd'hui. Né de la collaboration des sociétés Intel, Digital Equipement et Rank Xerox sous le nom d'**ETHERNET**, en 1975, spécifié en 1980, elle fut ensuite normalisée avec quelques différences sous la norme ISO 8802-3 ou IEEE 802.3.

Les qualités du CSMA/CD sont principalement sa facilité de mise en oeuvre et ses performances élevées aux faibles débits (jusqu'à 30%).

Les 3 caractéristiques principales qui différencient les méthodes CSMA/CD sont :

- la manière de détecter une collision.
- la stratégie à suivre après détection d'une collision.
- la politique de re-transmission en cas d'erreurs ou de collisions.

Format trame LLC

nombre d'octets:

1	1	1,2	N
DSAP	SSAP	Control	DATA

format trame CSMA/CD

nombre d'octets:

7	1	2,6	2,6	2	0,1500	<64	4
Preamble	SFD	DA	SA	Length	LLC DATA	PAD	FCS

Format trame Token Bus

nombre d'octets

≥1	1	1	2,6	2,6	0 à 8191	4	1
Preamble	SD	FC	DA	SA	LLC DATA	FCS	ED

Format trame Token Ring

nombre d'octets

1	1	1
SD	AC	ED

trame jeton

1	1	1	2,6	2,6	0 à 4027	4	1	1
SD	AC	FC	DA	SA	LLC DATA	FCS	ED	FS

trame de données

AC : Access Control
DA : Destination Address
DSAP : Destination Service Access Point
ED : Ending Delimiter
FC : Frame Control
FCS : Frame Check Sequence
FS : Frame Status
SA : Source Address
SD : Starting Delimiter
SFD : Start Frame Delimiter
SSAP : Source Service Access Point

figure 19 : Format des trames ISO 8802-x

I.11.1 Description

Le CSMA/CD représente le principe d'"écouter avant de parler" (Listen Before Talk).

Cette méthode d'émission est une technique passive. Le signal n'est généré que par l'émetteur de celui-ci, les autres l'écoutent.

Une station, qui désire émettre, doit écouter si aucune autre station n'émet sur le support, c'est-à-dire si la porteuse (Carrier) est déclarée libre.

Si la ligne est occupée, la station attendra un certain temps avant d'essayer d'émettre.

Par contre si le support est libre, un délai d'accès est attendu, appelé trou inter-trame. Ce délai est nécessaire pour la neutralisation électrique du médium.

La transmission peut alors débuter.

MAC surveille en permanence le signal collision en cours d'émission.

Une collision est une émission simultanée de plusieurs stations impliquant, de ce fait, un mélange des trames émises sur le support.

Si une collision est détectée (CD), MAC stoppe l'émission de la trame et émet une trame de bourrage pour signaler à toutes les autres stations la collision.

Un nouveau délai d'accès est lancé, le "backoff" basé sur l'algoritme BEB (Binary Exponantial Backoff) suivant :

délai "backoff" = (nombre aléatoire) x (durée slot time)

ce nombre aléatoire R est donné par la formule :

$0 \leq R < 2 \exp [\min (10, \text{nombre tentatives autorisées})] - 1$

Si le nombre de tentatives autorisées est atteint, MAC arrête la transmission et envoie à sa couche supérieure un compte-rendu négatif d'émission.

La valeur du nombre de tentatives autorisées est en principe égale à 16.

Si le nombre maximum de tentatives n'est pas atteint, la sous-couche MAC ré-essaye d'émettre la trame.

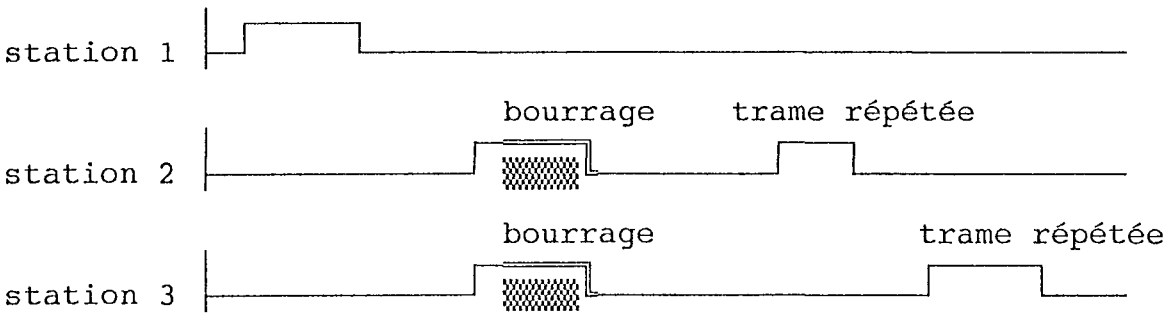


figure 20 : diagramme des temps pour des émissions en CSMA/CD

I.11.2 La tranche canal (ou "slot time")

La tranche canal est une valeur importante pour le CSMA/CD. Il donne le délai, en bits, dans lequel la détection de collision est cohérente.

Pour qu'une collision soit détectable, il faut que la durée minimale d'une transmission soit supérieure à 2 fois la distance des 2 stations, les plus éloignées du réseau, multipliée par le temps de propagation des signaux sur le médium considéré.

Dans le cas des RL, le temps de propagation peut être estimé constant, égal à 2 tiers de la vitesse de la lumière, soit 200000 kilomètres par seconde c'est-à-dire 500 nanosecondes par mètre.

I.11.3 D'autres méthodes de résolution des collisions

La méthode standard de résolution des collisions du CSMA/CD est naturellement probabiliste. Le fait de lancer un délai aléatoire retarde l'arrivée de trames sur un réseau chargé, il ne garantit en rien qu'elle puisse être un jour transmise.

De nombreuses recherches ont été effectuées pour résoudre le plus élégamment ce problème. En France, elles ont été menées par l'INRIA pour résoudre les problèmes de temps critique des systèmes temps réél répartis qui ont abouties à un brevet (G.Lelann et P.Rolin) d'une technique nommée DCR.
La technique CSMA/DCR est proposée sur le réseau FACTOR. Indépendamment de ceci, INTEL vend du CSMA/DCR dans ses composants 80152,80590/592 et 82586.

I.11.3.1 Le DCR (Deterministic Collision Resolution)

Le CSMA/DCR est le moyen d'éliminer l'aléa suite à une collision par la modification de l'algorithme aléatoire de résolution des conflits en un algorithme déterministe.
A faible charge, la méthode employée est le CSMA/CD classique qui est changée, à forte charge, en CSMA/DCR.

Cet algorithme est basé sur la résolution mathématique en arbre binaire. Cette technique divise le temps en périodes où seuls certaines stations ont l'autorisation de parler. Ceci amène une priorité sur les branches de l'arbre qui seront visitées en premier.
La profondeur de l'arbre détermine le nombre maximal de stations sur le réseau. C'est une valeur connue de toutes les stations.
INTEL donne pour ses composants une profondeur de 64.

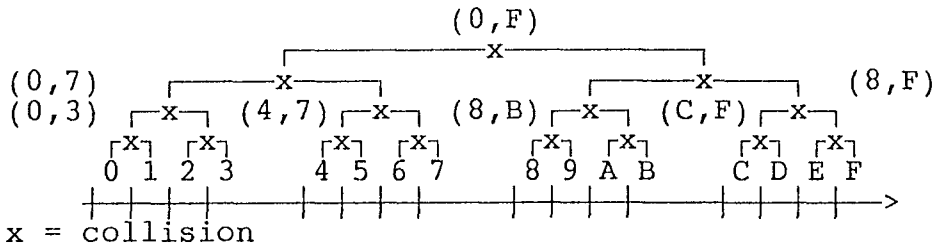


figure 21 : arbre de résolution de collision par la méthode DCR

Exemple

Prenons le cas de 16 stations (0 à F) sur un réseau.
A un instant t, les stations 4,5,6 et C collisionnent.

- La **première** division laisse seules les stations de 0 à 7 émettre.
  Durant cette première période, une nouvelle collision entre 3 stations intervient.
- La **deuxième** division autorise les stations de 0 à 3. Pendant cette période, aucune station n'émet. C'est une période vide.
- La **troisième** période autorise les stations de 4 à 7 et est l'occasion d'une collision entre 3 stations.
- La **quatrième** période autorise les stations de 4 à 5 et est l'occasion d'une collision entre 2 stations.
- La **cinquième** période permet la transmission de la station 4.
- La **sixième** période permet la transmission de la station 5.
- La **septième** période autorise les stations 6 et 7 et permet la transmission de la station 6.
- La **huitième** période autorise les stations 8 à F et permet la transmission de la station C.

Toutes les stations intervenant dans la collisions ont ainsi transmis leur message.

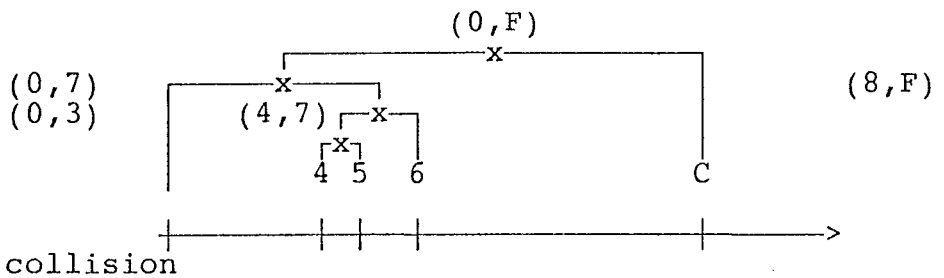


figure 22 : arbre de résolution de collision par la méthode DCR

I.11.3.2 Le CA (Collision Avoidance)

Cette méthode est peu employée sur les RLI, mais présente sur le réseau LAC. Elle ajoute au CSMA/CD classique un accusé de réception.

Le logiciel et le matériel fonctionnent selon un mécanisme d'accusé de réception pour chaque message reçu et validé sans avoir à tester l'état du réseau (carrier sense).

L'acquittement d'une station par le récepteur est synonyme d'émission correcte (et donc de non-collision) sur le réseau.

I.11.4 Le format des trames IEEE 802.3

Une trame IEEE 802.3 comprend 3 champs principaux (figure 19):

- L'entête
- Les données
- La fin de trame

I.11.4.1 L'entête de trame

L'entête sert de pare-choc et d'annonce de réception de trame.

Elle est composée de 2 sous-champs : Preamble et SFD

Preamble est utilisé par le récepteur pour se synchroniser afin de repérer le premier bit de la trame.
Sa valeur, sur 7 octets, est la suite : 1010...1010.

SFD est le délimiteur de trame.
Sa valeur, sur 1 octet, est la suite : 10101011.

I.11.4.2 Les données

Les données sont la zone utile de la trame.

Elle est composée de 4 sous-champs : DA, SA, Length, LLC DATA.

DA est l'adresse destinataire de la trame.

SA est l'adresse source de la trame.
Leur valeur est soit sur 2, soit sur 6 octets.
Leur format sur 2 octets est le même que pour la sous-couche LLC (annexe 2).

Length est la longueur sur 2 octets du sous-champ LLC DATA.

LLC DATA sont les données reçues de la sous-couche LLC avant en capsulation par MAC.

I.11.4.3 La fin de trame

La fin de trame sert à contrôler la validité de trame émise.

Elle est composée de 2 sous-champs : PAD et FCS

PAD est une séquence d'octets non significatifs afin d'obtenir une trame suffisamment longue pour la détection de collision.

FCS est le caractère de contrôle, calculé par un CRC (Cyclic Redundancy Check) de degré 32, depuis les octets DA.

I.11.5 Le diagramme d'état de la transmission d'ETHERNET

Le diagramme d'état de la transmission d'ETHERNET est donné à titre indicatif. Il permet d'appréhender la complexité du protocole. La diagramme d'état de la réception est nettement plus simple.

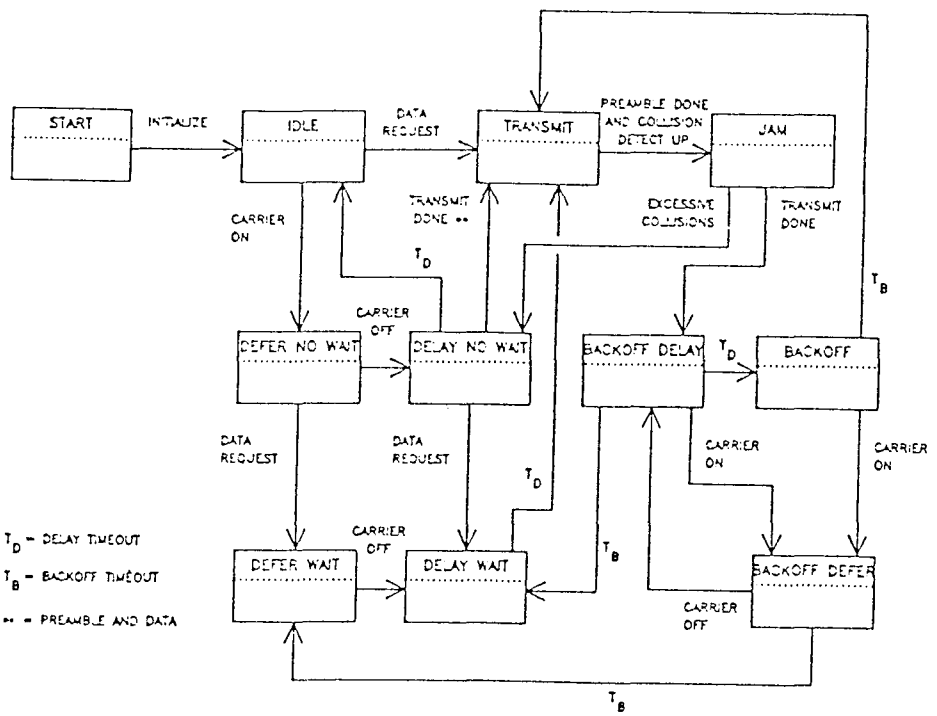


figure 23: diagramme d'état de la transmission d'ETHERNET

* WAIT : un paquet est prêt, mais on attend de pouvoir le transmettre.
* NO WAIT : pas d'attente, parce que paquet non prêt.
* DEFER : différer la transmission, car porteuse sur le câble.
* DELAY : le délai de garde a été armé et décroit.
* BACKOFF : retrait (selon exponentielle): attente
* IDLE : en repos

Current State	Event	Action	Next State
0. START	Initialize	-Perform initialization	IDLE
1. IDLE	Data request	-Construct Frame -Start frame transmission	TRANSMIT
	Carrier on	-No action	DEFER NO WAIT
2. TRANSMIT	Collision detect up	-start jam transmission -Increment attempt count	JAM
	Transmit done	-Start delay timer -Reset attempt count -Indicate successful transmission	DELAY NO WAIT
3. JAM	Transmit done	-Start delay timer -Start backoff timer	BACKOFF DELAY
	Excessive collisions	-Start delay timer -Indicate transmit excessive collisions	DELAY NO WAIT
4. BACKOFF	Carrier on	-No action	BACKOFF DEFER
	Backoff timeout	-Start frame	TRANSMIT
5. BACKOFF DEFER	Carrier off	-Start delay timer	BACKOFF DELAY
	Backoff timeout	-No action	DEFER WAIT
6. BACKOFF DELAY	Carrier on	-Stop delay timer	BACKOFF DEFER
	delay timeout	-No action	BACKOFF
	Backoff timeout	-No action	DELAY WAIT
7. DEFER NO WAIT	Data request	-Construct frame	DEFER WAIT
	Carrier off	-Start delay timer	DELAY NO WAIT
8. DELAY NO WAIT	Data request	-Construct frame	DELAY WAIT
	delay timeout	-No action	IDLE
9. DEFER WAIT	Carrier off	-Start delay timer	DELAY WAIT
10. DELAY WAIT	Delay timeout	-start frame transmission	TRANSMIT

figure 24: table d'état des transitions de la transmission CSMA/CD

II ETUDE DU MACROCOMPOSANT VOLUBILIS : le MVBS

II.1 Présentation du bus de communication VOLUBILIS

II.2 Présentation du macrocomposant MVBS

II.3 La couche physique de VOLUBILIS
  II.3.1 Le signal électrique et le support physique
  II.3.2 La connectique
  II.3.3 Le terminateur

II.4 La sous-couche accès à la voie (MAC) de VOLUBILIS
  II.4.1 Introduction
    II.4.1.1 Les signaux de contrôle et de gestion
    II.4.1.2 Le signal BUSY
    II.4.1.3 Les signaux COLN et RCE
    II.4.1.4 Le signal TXEN
    II.4.1.5 Le signal RXVAL
    II.4.1.6 Le signal TRR
    II.4.1.7 Le signal TXVAL
    II.4.1.8 Le signal RXINH
    II.4.1.9 Le signal TXTR
  II.4.2 Le format des caractères
  II.4.3 Le format des blocs échangés sur VOLUBILIS
    II.4.3.1 Les blocs de commande
    II.4.3.1.1 L'entête du bloc de commande
    II.4.3.1.2 Les DONNEES
    II.4.3.1.3 La fin de bloc de commande
    II.4.3.2 Les blocs d'acquittement
  II.4.4 Les échanges
    II.4.4.1 Les échanges en point à point
    II.4.4.2 Les échanges en diffusion
    II.4.4.3 Cas particulier de l'émission vers soi-même
  II.4.5 Les délais avant émission d'un bloc de commande
    II.4.5.1 Le délai fixe
    II.4.5.2 Les délais pseudo-aléatoires
          La variable pseudo-aléatoire
      II.4.5.2.1 Le délai d'"accès réseau"
      II.4.5.2.2 Le délai "collision - erreur de comparaison"
  II.4.6 Les priorités
    II.4.6.1 La priorité forte
    II.4.6.2 La priorité moyenne
    II.4.6.3 La priorité basse
    II.4.6.4 Exemple d'utilisation : produit LAC2
  II.4.7 Les collisions
    II.4.7.1 Tranche canal de VOLUBILIS ("slot time")
    II.4.7.2 Les collisions sur VOLUBILIS
    II.4.7.3 cas 1 : de plus de 3 micro-secondes + T0
    II.4.7.4 cas 2 : de moins de 3 micro-secondes + T0 et de
                     plus de 125 nano-secondes + T0.
    II.4.7.5 cas 3 : de moins de 125 nano-secondes + T0.
        sous-cas 1 : délai_1 très différent de délai_2 + T0
        sous-cas 2 : délai_1 égal à délai_2 + T0
    II.4.7.6 Remarques sur les collisions

II.5 La sous-couche LLC de VOLUBILIS
  II.5.1 Les services de la sous-couche LLC de VOLUBILIS
  II.5.2 Les éléments des blocs de commande de VOLUBILIS
    II.5.2.1 L'adressage
    II.5.2.2 Le format de fonction FNCT
      II.5.2.2.1 Le champ TAILLE
      II.5.2.2.2 Le champ numérotation : NR
      II.5.2.2.3 Le champ fonction : FCT
      II.5.2.2.4 Le champ répétition : REP

II.5.3 Les éléments des blocs d'acquittement de VOLUBILIS
II.5.3.1 Le champ répétition REPA
II.5.3.2 Le champ valeur acquittement ACQ
II.5.3.3 Le champ numérotation NRA
II.5.4 Les différents compteurs de VOLUBILIS
II.5.4.1 Le compteur en réception
II.5.4.2 Les compteurs en transmission
II.5.4.2.1 Les compteurs d'essais d'émission
II.5.4.2.1.1 Les compteurs de collision_erreur de comparaison
II.5.4.2.1.2 Le compteur de tentatives d'émission
II.5.4.2.1.3 Remarques sur les compteurs d'essais
II.5.4.2.2 Les compteurs de répétitions
II.5.4.2.2.1 Le compteur nombre de répétitions
II.5.4.2.2.2 Le compteur nombre de répétitions acquittement négatif "pas de blocs"
II.5.5 Protection contre les erreurs de transmission
II.5.5.1 La parité
II.5.5.2 Le checksum
II.5.5.3 Les limites du checksum VOLUBILIS
II.5.6 Le protocole liaison de VOLUBILIS
II.5.6.1 La cinématique de numérotation
II.5.6.2 Exemples de mécanisme de fonctionnement d'un échange point à point
II.5.6.2.1 cas de fonctionnement normal
II.5.6.2.2 cas : destinataire absent
II.5.6.2.3 cas : plus de blocs disponibles
II.5.6.2.4 cas : erreur de numérotation
II.5.6.2.5 cas : erreur de TYPE
II.5.6.2.6 cas : blocs doublés
II.5.7 Le dialogue entre le MVBS et la couche supérieure
II.5.7.1 Format des trames échangées
II.5.7.2 La cinématique des échanges
II.5.7.2.1 En transmission
II.5.7.2.2 En réception
II.5.8 Les services offerts par le macrocomposant MVBS
II.5.8.1 diagnostic
II.5.8.2 initialisation
II.5.8.3 déclaration d'adresse liaison
II.5.8.4 suppression d'adresse liaison
II.5.8.5 transmission commande de données
II.5.8.6 réception
II.5.8.7 état des compteurs de MVBS
II.5.8.8 incrémentation du compteur de blocs disponibles CRA
II.5.8.9 Le protocole des échanges entre le processeur hôte est le macrocomposant MVBS
II.5.9 Le logiciel du macrocomposant MVBS
II.5.9.1 L'analyse par la méthode des tables d'état
II.5.9.2 L'exemple appliqué à VOLUBILIS
II.5.9.3 Les schémas d'analyse de VOLUBILIS
II.5.9.4 Réalisation

II ETUDE DU MACROCOMPOSANT VOLUBILIS : le MVBS

II.1 Présentation du bus de communication VOLUBILIS

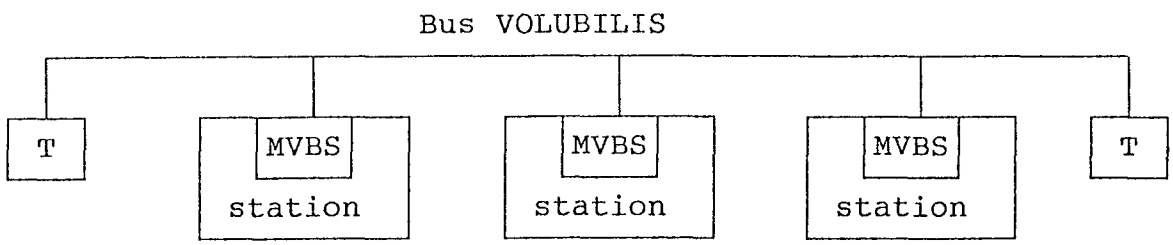
VOLUBILIS est un bus de communication industriel, utilisant une topologie en bus et une méthode d'accès de type CSMA/CA/CD.

La transmission sur le bus s'effectue en série asynchrone à une vitesse de 250 kilo bits par seconde.

Le support de transmission standard est la paire torsadée blindée, la transmission s'effectuant en différentiel RS-485.

Les échanges sont en mode maître-maître entre les équipements raccordés. Chaque station possède par nature, le même dispositif d'accès au support. La notion d'un élément privilégié et prioritaire, cas du mode maître-esclave, n'existe pas.
Les composants matériels sont décrits dans la couche physique.

La méthode d'accès au médium de VOLUBILIS est décrit dans la sous-couche MAC, le fonctionnement, le format et la cinématique des échanges dans la sous-couche LLC de VOLUBILIS.



T : terminateur VOLUBILIS

figure 1 : Le bus VOLUBILIS

II.2 Présentation du macrocomposant MVBS

Le macrocomposant MVBS gère l'accès physique au bus de communication ainsi que le protocole liaison. Il contient un coprocesseur bus de communication, la RAM et la ROM associée, des ports d'entrées-sorties ainsi qu'un circuit spécialisé dans la gestion du réseau. Le coprocesseur est un circuit 80C452 d'INTEL [INT.86]. Le 80C452 est un micro-contrôleur 80C31 modifié par l'adjonction d'une interface vers un processeur hôte (2 fifos et 2 boîtes aux lettres).
Ses autres composants sont une RAM interne, une liaison série et 2 timers, tous les 3 programmables.
La forte intégration du 80C452 est une des raisons de son choix, car elle diminue d'autant la taille physique du macrocomposant.

Les caractéristiques de l'interface processeur hôte sont :

- **1 boîte aux lettres OUT** (du MVBS vers le microprocesseur hôte) : cette boîte aux lettres peut contenir un octet (8 bits).
- **1 boîte aux lettres IN** (du microprocesseur hôte vers le MVBS) : cette boîte aux lettres peut contenir un octet (8 bits).
- **1 FIFO OUT** (du MVBS vers le microprocesseur hôte) : ce FIFO peut contenir au maximum 64 caractères de 9 bits

  (si le 9ème bit = 0, le fifo contient un octet de données ;
  si le 9ème bit = 1, le fifo contient un octet de commande)
- **1 FIFO IN** (du microprocesseur hôte vers le MVBS) : ce FIFO peut contenir au maximum 64 caractères de 9 bits

  (si le 9ème bit = 0, le fifo contient un octet de données ;
  si le 9ème bit = 1, le fifo contient un octet de commande)
- un registre de contrôle et un registre d'état.

Le partage du fifo, de 128 octets au total, en 2 entités de 64 octets a été choisi pour le MVBS.

La RAM interne est de 128 octets adressables.

La liaison série est une liaison "FULL DUPLEX".

Les 2 timers programmables ont la possiblité de fonctionner , soit à la fréquence de l'horloge interne (16 mégahertz), soit à la fréquence de l'horloge externe (125 kilohertz dans le cas du MVBS).

La RAM externe est de 8 kilos octets.

La ROM externe est de 32 kilos octets.

Le 80C452 a 4 ports d'entrées-sorties de 8 bits chacuns :

- 2 ports sont réservés aux bus de données et d'adresses
- un port gère les signaux de l'EPLD, la logique réseau

Le rôle du 80C452 est d'une part d'accéder au réseau par sa liaison série et d'autre part de dialoguer avec le processeur hôte (sa couche supérieure) par son interface intégrée.

Le processeur hôte gère le MVBS par un ligne de reset, une ligne d'interruption et des lignes d'adresses, de données et de contrôles (écriture, lecture).

Le circuit spécialisé, gérant la logique d'accès au réseau et le décodage interne du macrocomposant, est une EPLD (Erasable Programmable Logic Device). Bientôt l'EPLD sera remplacé par un circuit prédiffusé, un ASIC (Application Specific Integrated Circuit).

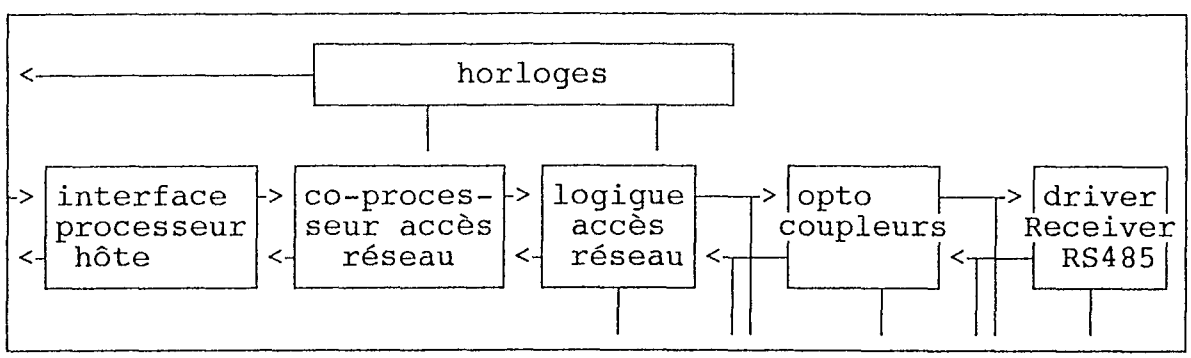


figure 2 : architecture fonctionnelle de MVBS

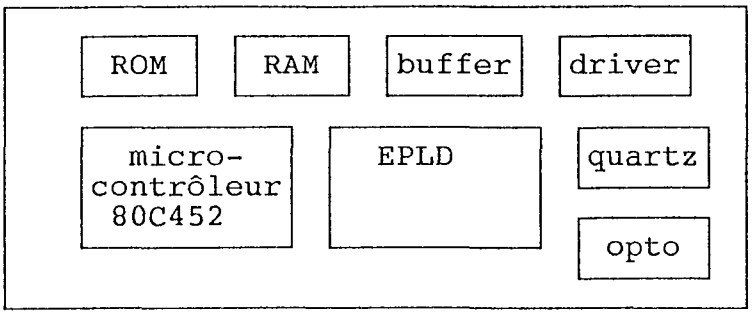


figure 3 : architecture matérielle du MVBS

II.3 La couche physique de VOLUBILIS

II.3.1 Le signal électrique et le support physique

Electriquement, VOLUBILIS est compatible avec la norme EIA RS485. La transmission s'effectue en mode différentiel.
Son signal est en bande de base. Le codage est de type NRZ (NO RETURN TO ZERO).
Le support est une paire torsadée blindée dont les avantages sont une mise en oeuvre et un entretien faciles et peu coûteux, à la portée des services d'entretien des entreprises.

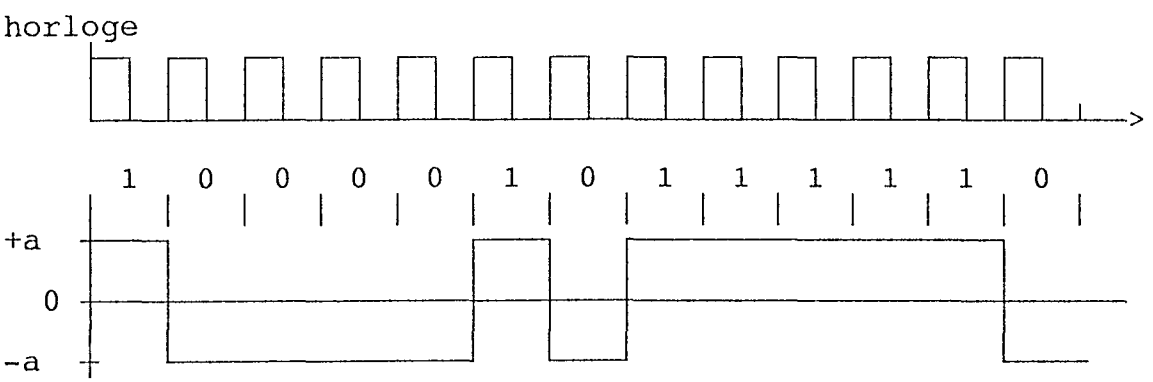
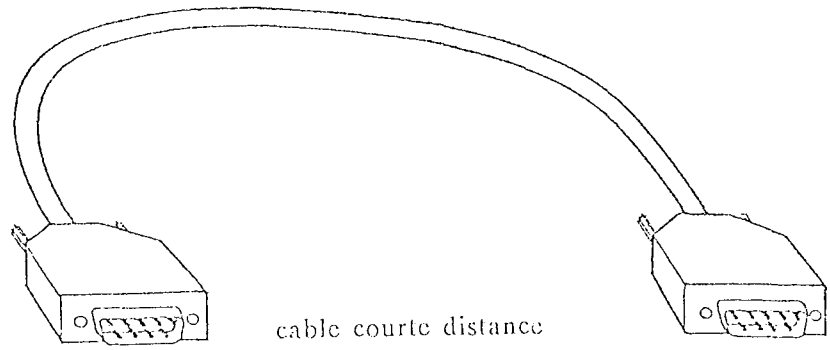


figure 4 : Le signal sur le réseau VBS : codage NRZ

II.3.2 La connectique

Les prises et les raccordements sur VOLUBILIS sont à base de prise SUBD 9 points (DE 9).

VOLUBILIS étant un bus, un macrocomposant qui veut se raccorder au médium de communication s'équipe d'un câble de dérivation et se branche sur un T de raccordement.



T de raccordement

figure 5 : câble courte distance, entre une station et le bus de communication

II.3.3 Le terminateur

Chaque extrémité du bus de communication doit être reliée à un dispositif particulier, le terminateur. Son but est de polariser la ligne et de fermer le câble sur son impédance caractéristique.

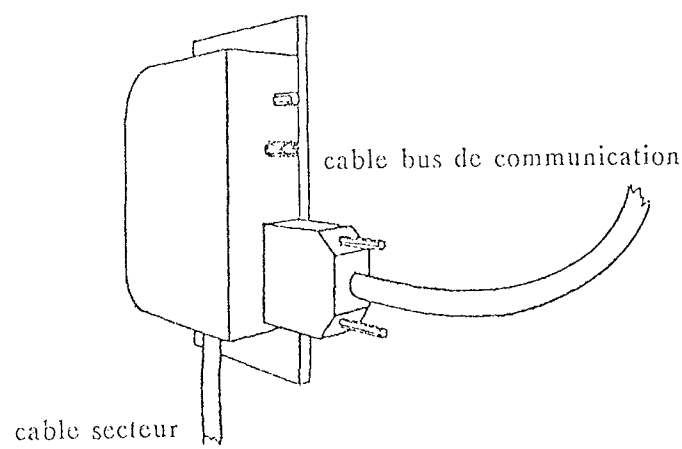


figure 6 : Le terminateur VOLUBILIS

II.4 La sous-couche MAC de VOLUBILIS

La couche liaison est divisée en 2 sous-couches. L'une est étroitement liée à la couche physique, c'est la sous-couche MAC. L'autre gère le protocole d'émission et de réception, c'est la sous-couche LLC.

Dans VOLUBILIS, les 2 sous-couches sont fortement imbriquées l'une dans l'autre. La présentation les distinguera pour une meilleure compréhension de leur rôle respectif.

II.4.1 Introduction

Une sous-couche MAC définit un ensemble de fonctionnalités entre la couche physique du réseau et la sous-couche supérieure LLC : gestion des signaux de la couche physique, format des trames, détection des collisions, etc...

II.4.1.1 Les signaux de contrôle et de gestion

La couche physique MVBS transforme les signaux réseaux en signaux logiques non différentiels (et vice versa). La sous-couche MAC, chargée de gérer l'accès au câble s'appuie sur un certain nombre de signaux.

Ces signaux sont générés dans l'EPLD, et sont ensuite envoyés dans le port 2 du micro-contrôleur 80C452. Neuf signaux existent :

Six sont des indicateurs d'état [MVB(4)]:

- **BUSY**
- **COLN - RCE**
- **TXEN - RXVAL - TRR**

Trois sont des indicateurs de contrôle, en sortie (du 80C452 vers la logique de l'EPLD)

- **TXVAL** pour valider la transmission
- **RXINH** pour inhiber la réception
- **TXTR** pour lancer un délai

II.4.1.2 Le signal BUSY

Le principe du CSMA implique que les stations écoutent la porteuse pour savoir si une transmission est en cours sur le support. Sur le bus VOLUBILIS, tous les macrocomposants possèdent une logique de "détection de transmission active", c'est le signal BUSY.

Aussitôt qu'une transition, même unique bit, se produit sur le bus, chaque macrocomposant détecte une transmission active (montée du signal BUSY dans chaque macrocomposant) et se met à l'écoute du bus. L'absence de transition sur le bus pendant un délai de 128 micro-secondes, entraine la détection de la fin de transmission active (descente du signal BUSY dans chaque macrocomposant).

Le signal de transmission active : BUSY, est entièrement géré par une électronique spéciale, présente sur le macrocomposant MVBS : cette électronique spéciale écoute en permanence le bus, génère le signal BUSY en cas d'activité sur le bus et maintient le signal BUSY 128 µsec après la disparition des transitions sur le bus.

II.4.1.3 Les signaux COLN et RCE

Ces 2 signaux indiquent respectivement une collision ou une erreur de comparaison entre le caractère émis et le caractère reçu sur le médium par le MVBS.
Leur fonctionnement est précisé dans le paragraphe "collision".

II.4.1.4 Le signal TXEN

Ce signal valide le driver de ligne de transmission.
L'indicateur TXEN correspond à la durée de validité d'un caractère en émission.
A l'émission de chaque caractère, la logique du MVBS relance TXEN sur chaque front montant. TXEN reste monté durant 64 micro-

secondes après la fin du dernier front.
Si aucun caractère n'a été émis durant 64 micro-secondes, TXEN retombe.

II.4.1.5 Le signal RXVAL

Le signal RXVAL valide la logique de réception réseau au niveau du micro-contrôleur 80C452.

II.4.1.6 Le signal TRR

Le signal TRR sert à générer un "temps de retournement" qu'il est nécessaire de respecter lors du passage du mode transmission en mode réception de l'interface physique réseau.
Ce signal est utilisé, à titre d'exemple, entre la réception d'un bloc de commande et l'émission d'un bloc d'acquittement en échange point à point qui seront développés un peu plus loin.

II.4.1.7 Le signal TXVAL

Pour éviter les émissions délirantes d'un macrocomposant sur le réseau, le MVBS, lors de chaque émission, doit monter le signal TXVAL qui valide la logique de transmission.
Le macrocomposant MVBS doit descendre le signal TXVAL sur la chute du signal BUSY après chaque émission.
Le signal TXVAL est entièrement géré par la sous-couche MAC.
Si TXVAL n'est pas positionné, aucun caractère émis sur la liaison série du micro-contrôleur 80C452, ne part sur le réseau.

II.4.1.8 Le signal RXINH

RXINH est un signal utilisé lors de la réception de caractères. Si le 80C452 ne veut plus recevoir du réseau, il positionne RXINH. Le caractère parvient jusqu'à la logique interne mais il n'est plus reçu par le 80C452.
A la chute du signal BUSY, RXINH reprend son état initial.

II.4.1.9 Le signal TXTR

Le positionnement du signal TXTR sert à lancer un délai de 64 micro-secondes. La chute du timer considéré entraine un changement d'état du signal TRR déjà connu.
Le signal TXTR est entièrement géré par la sous-couche MAC.

II.4.2 Le format des caractères

Le codage est conforme à une transmission série asynchrone classique. Le format choisi est sur 11 bits :

1 bit de START
8 bits de données
1 bit de parité
1 bit de STOP

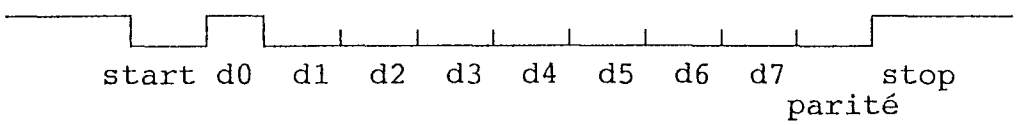


figure 7 : Le caractère 1

Il existe 2 types de caractères transmis :

- les caractères normaux .Leur bit parité est <u>impaire</u>.
- les caractères FLAG.

<u>Cas particulier</u> : FLAG

Le caractère FLAG sert de "pare-choc" en début et en fin de trame. Il a une valeur spécifique. C'est un caractère ZERO avec une erreur de parité. Son bit de parité vaut zéro.

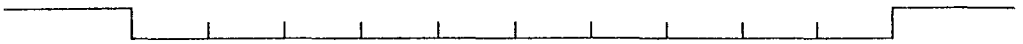


figure 8 : Le caractère FLAG

La vitesse de transmission de VOLUBILIS étant de 250 kilos bits par seconde, la durée du bit est ainsi de 4 micro-secondes. Tous les caractères occupent une durée égale à 44 micro-secondes sur le support.

II.4.3 Le format des blocs échangés sur VOLUBILIS

Il existe 2 formats distincts de trames circulant sur le réseau :

- les blocs de commande
- les blocs d'acquittement

II.4.3.1 Les blocs de commande

Le bloc de commande a le format suivant :

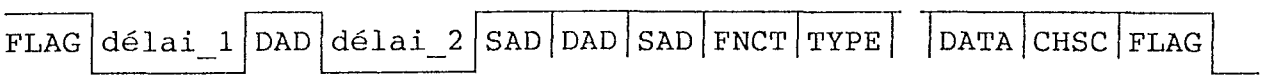


figure 9 : Format d'un bloc de commande VOLUBILIS

Le bloc débute et se termine par un délimiteur de bloc, le caractère FLAG. Il se divise en 3 zones :

- une **ENTETE** (de FLAG au TYPE), c'est une zone de longueur fixe analysée par le macro-composant MVBS.
- les **DONNEES**, une zone de longueur variable de 0 à 511
- une **FIN DE TRAME** (ou TRAILER en anglais) composée de 2 caractères CHSC et FLAG de fin.

II.4.3.1.1 L'entête du bloc de commande

L'entête d'un bloc de commande est traitée par la couche liaison. Ces caractéristiques renseignent sur les opérations à effectuer sur celui-ci.

DAD (1 octet) est l'adresse destinataire du bloc.

SAD (1 octet) est l'adresse source du bloc.
DAD, SAD doublés pour des raisons expliquées dans II.5.5.3

FNCT (2 octets) est la fonction, qui contient les éléments du protocole nécessaire à la gestion de la couche liaison.

TYPE (1 octet) est le "type" de dialogue de la couche application.

DELAI_1, DELAI_2 sont des durées utilisées pour désynchroniser les trames émises simultanément. Ces délais fixes dépendent de l'adresse source.
Le calcul est fait au démarrage.

DELAI_1 vaut la valeur comprise entre 0 et 15 des 4 bits de poids forts de l'adresse source multipliée par 3.75 µsec.
DELAI_2 vaut la valeur comprise entre 0 et 15 des 4 bits de poids faibles de l'adresse source multipliée par 3.75 µsec.

Les valeurs DELAI_1 et DELAI_2 vont de 0 à 56.25 micro-secondes auxquelles il faut ajouter le temps de traitement du logiciel de l'ordre de quelques micro-secondes pour connaitre la durée exacte sur le médium.

II.4.3.1.2 Les DONNEES

La zone DONNEES varie de 0 à 511 caractères. C'est le nombre d'octets utiles à l'application.

II.4.3.1.3 La fin de bloc de commande

CHSC (1 octet) est l'octet de contrôle du bloc du commande calculé par addition avec report de la retenue (ou carry) sur l'ensemble des caractères de la trame.
Il est calculé, par le macrocomposant, à l'émission de chaque caractère, émis après la zone de données. Il est re-calculé puis vérifié en reception.
Ce caractère est interne à la couche liaison.

Le FLAG de fin de trame est le délimiteur du bloc de commande.

II.4.3.2 Les blocs d'acquittement

Le bloc d'acquittement est de longueur fixe de 3 caractères.

- un octet de qualité de l'émission : ACK
- un octet de contrôle : CHSA
- le délimiteur de trame : FLAG

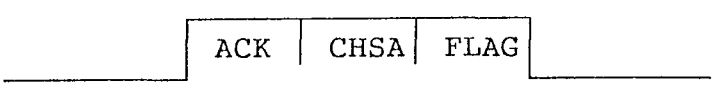


figure 10 : Format d'un bloc d'acquittement

ACK (1 octet) qualifie la réception de la trame de commande par la couche liaison du récepteur.

CHSA (1 octet) est le résultat de l'addition avec report de la retenue (ou carry) des caractères CHSC (bloc de commande) et ACK (bloc d'acquittement).

FLAG est le délimiteur, il indique la fin du bloc d'acquittement.

II.4.4 Les échanges

Les blocs échangés entre stations peuvent être de 2 types :

- en diffusion
- en point à point

II.4.4.1 Les échanges en point à point

Dans un cas normal de fonctionnement (sans collision), un message envoyé d'une station vers une autre station comprend une émission d'un bloc de commande de la station source puis une émission d'un bloc d'acquittement de la station destinataire.
Ces 2 envois se déroulent sans retombée du signal BUSY.

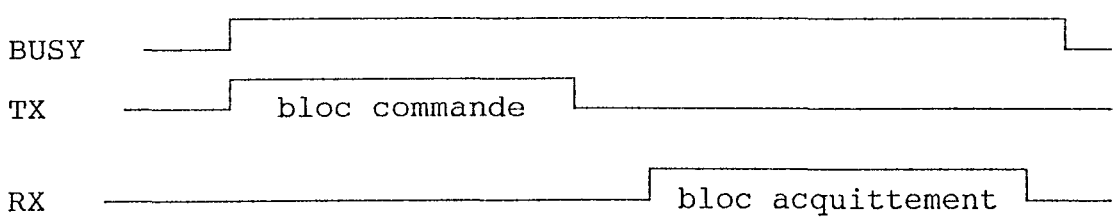


figure 11 : Echange VOLUBILIS en point à point

II.4.4.2 Les échanges en diffusion

Une station désire émettre vers toutes les stations reliées au bus. Si l'on fait abstraction du problème de collision, l'échange s'effectue en une seule opération :

l'émetteur envoie un bloc de commande. Aucun des récepteurs ne répond par un bloc d'acquittement.

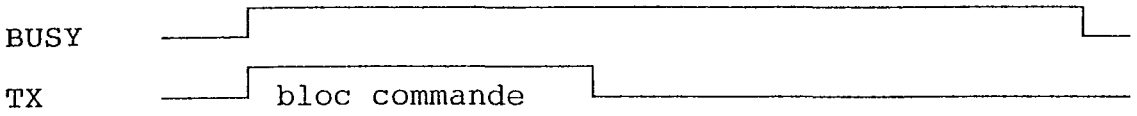


figure 12 : Echange VOLUBILIS en diffusion

II.4.4.3 Cas particulier de l'émission vers soi-même

L'émission d'une station vers elle-même est similaire à l'échange en diffusion. L'émetteur envoie un bloc de commande.
Il n'y a pas de trame d'acquittement de l'émetteur vers lui-même.

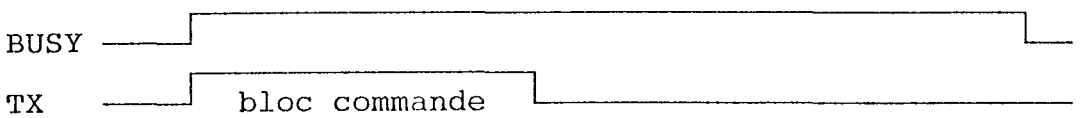


figure 13 : Echange VOLUBILIS, émission vers soi-même

II.4.5 Les délais avant émission d'un bloc de commande

Nous avons vu que dans le cas d'ETHERNET (cf I.11.1), un délai aléatoire est lancé après chaque fin de transmission, nommé le backoff.
Pour VOLUBILIS, ce délai est lancé avant chaque nouvelle émission d'un bloc de commande lorsque le signal BUSY est inactif, c'est-à-dire quand il n'existe pas de transmission sur le support.
Il existe 2 types de délais dans MVBS :

- un délai fixe
- les délais pseudo-aléatoires
  . délai d'"accès réseau"
  . délai "collision-erreur de comparaison"

II.4.5.1 Le délai fixe

Le délai fixe, avant émission du bloc de commande, est, en fait, le temps de traitement logiciel de préparation du bloc de commande avant toute émission.
La valeur du délai fixe est d'environ 24 micro-secondes.
C'est le délai le plus court pour accéder au réseau.

II.4.5.2 Les délais pseudo-aléatoires

Les délais pseudo-aléatoires ont été créés afin de donner une chance égale à tous les macrocomposants pour accèder au réseau. A chaque émission, le macrocomposant recalcule une nouvelle valeur de sa variable pseudo-aléatoire. Suivant le délai demandé, d'"accès réseau" ou "collision-erreur de comparaison", il génère une valeur comprise entre les bornes du délai requis.

La variable pseudo-aléatoire

La variable pseudo-aléatoire du MVBS doit obéir à plusieurs contraintes :

- Etre de calcul rapide
  Les délais d'"accès réseau" sont de l'ordre de quelques dizaines de micro-secondes. Cette durée est à comparer au temps moyen d'une instruction du micro-contrôleur 80C452 qui est d'une micro-seconde.

- Avoir des valeurs les plus différentes possibles dans un intervalle fixé
  VOLUBILIS doit avoir un temps d'accès au support très court. L'intervalle spécifié est de 48 à 92 micro-secondes.

- Répéter les mêmes valeurs le moins souvent possible

- Etre une valeur indépendante, de l'émission, de la réception (cette valeur ne sera pas fonction du nombre de collisions)
  Dans VOLUBILIS, il n'existe pas de séquence de bourrage pour avertir toutes les stations d'une détection de collision. Les stations ne voient donc pas toutes forcément la collision. Donner un algorithme sur le nombre de collisions n'aurait pas de sens.

La solution choisie, pour la variable et son mode de calcul, est une séquence de génération de type "bruit blanc", avec un nombre de bits égal à 6.

La formule est :

n est le nombre total de bits

i la position du bit à additionner parmi les n

Pour un nombre n = 6, i est donné et vaut 6.

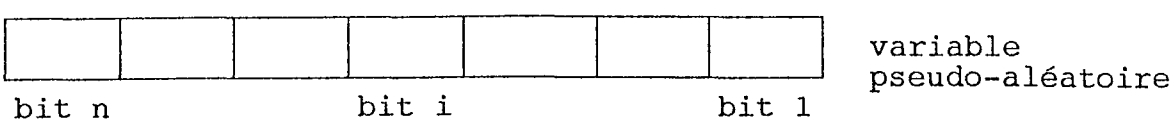


figure 14 : la variable aléatoire

L'opération de calcul est :

1 - ajouter le bit i et le bit 1 (modulo 2)

2 - mettre la valeur en position n+1

3 - faire un décalage de 1 pas à droite de la variable

L'intervalle des valeurs de la variable pseudo-aléatoire vaut [1..63]. La valeur initiale 0 est interdite.
Pour une valeur initiale de 32, les valeurs successives de la variable pseudo-aléatoire sont :

32 48 56 60 62 63 31 47 23 43 21 42 53 26 13
38 51 25 44 54 59 29 46 .....
..... 33 16 8 4 2 1 32

II.4.5.2.1 Le délai d'"accès réseau"

Le délai d'"accès réseau" est calculé et lancé avant chaque bloc de commande à émettre sur le support.
Le calcul comprend une nouvelle valeur de la variable pseudo-aléatoire puis une mise en forme dans l'intervalle du délai d'"accès réseau".
Les bornes de l'intervalle sont comprises entre 48 et 92 µsec.
Le pas choisi est de 1,5 micro-secondes c'est-à-dire le délai d'"accès réseau" a 33 valeurs possibles.
Ce pas est délibérement faible. Il correspond à 300 mètres parcourus par un bit sur le support (cf II.4.7.1).

II.4.5.2.2 Le délai "collision - erreur de comparaison"

Après détection d'une collision proprement dite, sur la chute du signal BUSY, un délai pseudo-aléatoire "collision" est calculé puis démarré.

Le calcul comprend une nouvelle valeur de la variable pseudo-aléatoire puis une mise en forme dans l'intervalle du délai "collision-erreur de comparaison".

Les bornes de l'intervalle spécifiées sont comprises entre 24 et 88 **MILLI**-secondes.

Le pas est de 2 **MILLI**-secondes.

24 **MILLI**-secondes répresentent la durée d'une trame de 511 données.

Rappel :
A la fin du délai "collision-erreur de comparaison", le macro-composant revient en mode normal de transmission de blocs. Le MVBS calculera puis lancera un délai d'"accès réseau" sur l'observation du BUSY inactif.

II.4.6 Les priorités

Le macrocomposant gère les priorités d'accès au support pour les blocs de commande. Elles sont définies en 3 classes :

- forte
- moyenne
- basse

La priorité est un découpage en tranches du temps d'accès au support.

A chaque classe de priorité correspond un délai d'accès.

La priorité joue sur les 3 délais que connait le macrocomposant.

II.4.6.1 La priorité forte

La priorité forte correspond au délai fixe de 24 micro-secondes. Cette priorité doit être utilisé avec parcimonie, par exemple, pour des synchronisations de robots.

II.4.6.2 La priorité moyenne

La priorité moyenne correspond au 32 premières valeurs des 2 délais aléatoires.

Les valeurs sont de 44 à 68 µsec pour le délai d'"accès réseau".

Les valeurs sont de 24 à 56 MILLI-secondes pour le délai "collision-erreur de comparaison".

II.4.6.3 La priorité basse

La priorité basse correspond au 32 dernières valeurs des 2 délais aléatoires.

Les valeurs varient de 68 à 92 µsec pour le délai d'"accès réseau".

Les valeurs sont de 56 à 88 MILLI-secondes pour le délai "collision-erreur de comparaison".

	priorité basse	priorité moyenne	priorité forte
Délai "Accès réseau"	68 à 92 µsec	44 à 68 µsec	24 µsec
Délai "collision-erreur-comparaison"	56 à 88 µsec MILLIsecondes	24 à 56 µsec MILLIsecondes	24 µsec

figure 15 : Tableau des délais de VOLUBILIS en fonction de la priorité

II.4.6.4 Exemple d'utilisation : produit LAC2

Les commandes ou fonctions de données LAC sont affectées de la priorité basse, les acquittements LAC de la priorité moyenne. La priorité forte n'est pas utilisée dans les produits standards.

II.4.7 Les collisions

Avant de montrer la détection de collision de VOLUBILIS, il faut connaître sa distance temporelle qui représente le temps mis par le signal pour effectuer un aller-retour entre les 2 stations les plus éloignées l'une de l'autre. C'est durant cette période que des blocs émis par différents macrocomposants pourront entrer en collisions.

II.4.7.1 Tranche canal de VOLUBILIS ("slot time")

La tranche canal est la durée de traversée du médium pour un signal. Elle est le produit de la longueur du câble multiplié par la vitesse de propagation.

L'unité de mesure est le bit.

Dans le cas de VOLUBILIS, les paramètres sont les suivants :

câble RG108 : longueur maximum 1200 mètres
vitesse de transmission : 250 kilo bits par seconde

La durée de propagation étant de 5 nanosecondes par mètre, le signal met 6 micro-secondes pour parcourir la distance maximale.

La durée de 6 micro-secondes correspond à 1.5 bits transmis.

La taille minimale d'un bloc en émission doit être de 2 bits afin que tous les macrocomposants puissent détecter la collision.

Le premier caractère étant le délimiteur de bloc, FLAG, il ne peut pas y avoir de collisions sur le FLAG par définition des collision sur VOLUBILIS. VOLUBILIS assure l'émission d'un bloc de commande d'une durée minimale d'un caractère.

II.4.7.2 Les collisions sur VOLUBILIS

Toutes les stations reliées au bus de communication VOLUBILIS, dans la mesure où les échanges s'effectuent en maître-maître, entrent en compétition pour accéder au bus.

Lorsqu'un macrocomposant désire émettre un bloc sur le bus, il écoute le bus par son signal BUSY pour savoir si une transmission est déjà en cours. Si après un délai d'"accès réseau", BUSY est inactif, il peut émettre sinon il réactivera sa demande après la chute du BUSY.

Lorsque 2 stations, après attente aléatoire, désirent émettre et qu'au même moment elles voient chacunes un réseau libre, plusieurs cas sont possibles :

Les émissions sont décalées de :

- **de plus de 3 micro-secondes + T0**
- **de moins de 3 micro-secondes + T0 et de plus de 125 nanosecondes + T0**
- **de moins de 125 nano-secondes + T0**

Avec T0 égale au temps de propagation du signal électrique entre les 2 stations.

II.4.7.3 Cas 1 : de plus de 3 micro-secondes + T0

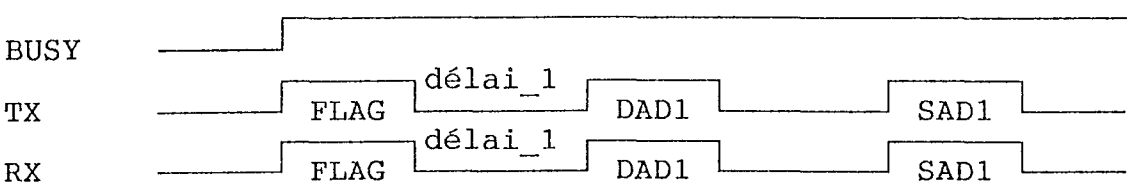
La station SAD1 observe un réseau libre et envoie son premier caractère FLAG. Les signaux BUSY de toutes les stations deviennent actifs.

La seconde station SAD2, avant d'émettre, teste BUSY. Celui-ci est actif. La station SAD2 n'émet pas, bascule en réception. Elle attend la chute du signal BUSY pour ré-essayer.

La collision est évitée, la trame est traitée.

Ce délai de 3 micro-secondes correspond à la sensibilité de la détection du logiciel du macrocomposant.

Station SAD1



Station SAD2

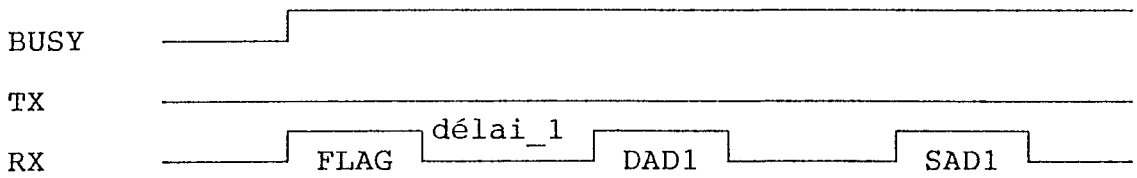
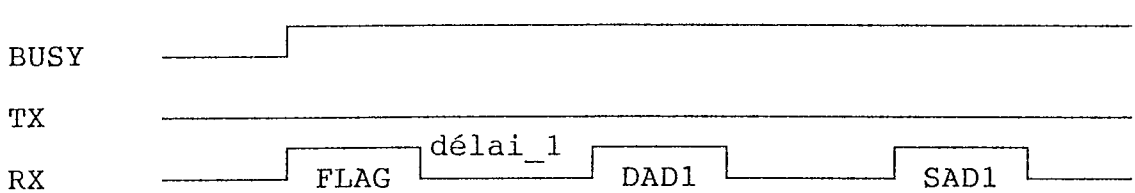


figure 16 : émission avec un écart de plus de 3 microsecondes

II.4.7.4 Cas 2 : de moins de 3 micro-secondes + T0 et de plus de 125 nano-secondes + T0

La station SAD1 voit un réseau libre et émet sa trame.
La station SAD2, dans le délai considéré, voit une réseau inactif. Elle émet son caractère FLAG. La logique matérielle du macrocomposant détecte la collision, le signal COLH monte. Le caractère FLAG n'est pas envoyé physiquement sur le support. La station bascule en réception. La première n'est pas perturbée et terminera son échange.
La collision est évitée et la trame est traitée.
Cette période correspond à la sensibilité de détection du matériel, de l'électronique de l'EPLD.
C'est une collision dite "matérielle", le délai "collision-erreur de comparaison" n'est pas activé.

Station SAD1



Station SAD2

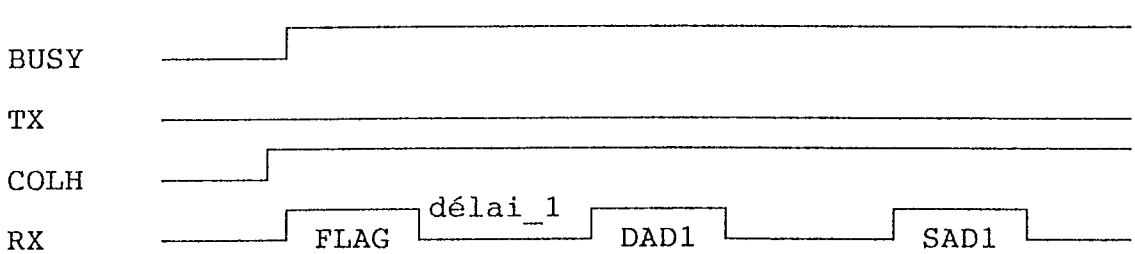


figure 17 : émission avec un écart de moins de 3 microsecondes et plus de 125 nanosecondes

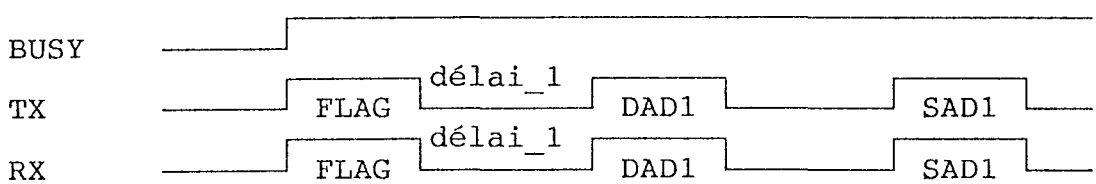
II.4.7.5 Cas 3 : de moins de 125 nano-secondes + T0

Les stations SAD1 et SAD2 émettent, sur le support physique, le caractère FLAG dans le très court délai considéré.
Le caractère est émis sans problème sur le réseau par chacune des 2 stations. La détection de l'électronique ne voit pas de différence entre le caractère émis et le caractère reçu.
Elles attendent un délai (cf II.4.3.1.1) puis transmettent leur caractère adresse destinataire DAD.
2 sous-cas peuvent arriver :

Sous-cas 1 : délai_1 très différent de délai_2 + T0

La station SAD2 est en attente d'émission de DAD2. Elle reçoit le caractère DAD1. L'électronique bloque le transmission et bascule en réception. Le réseau n'est pas perturbé.
Le signal RCE dit "collision-erreur de comparaison" se positionne mais la transmission n'est pas perturbée.
La collision n'est pas évitée mais la trame est reçue et traitée.

Station SAD1



Station SAD2

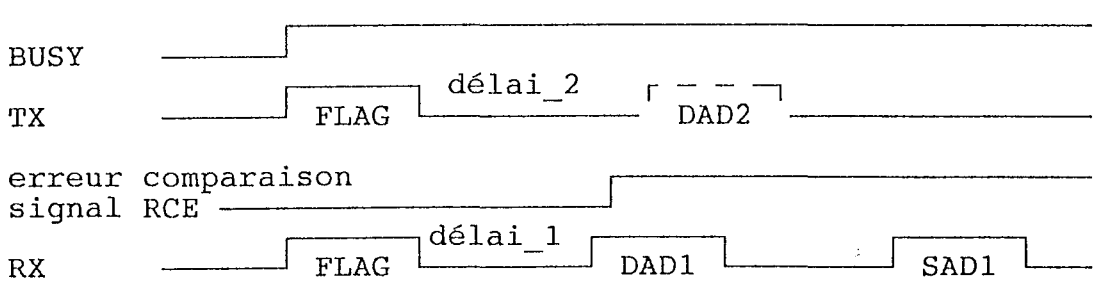


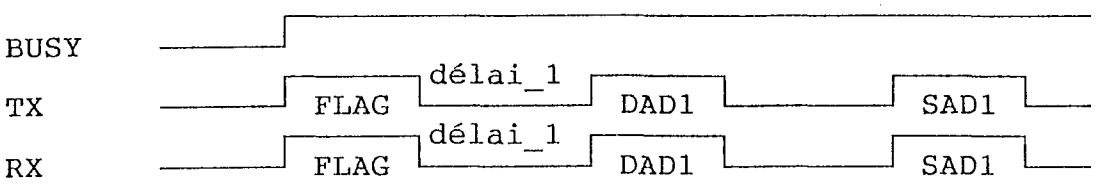
figure 18 : émission avec un écart de moins de 125 nanosecondes et avec des délais DELAI_DAD très différents.

Sous-cas 2 : délai_1 égal à délai_2 + T0

L'écart du délai de désynchronisation est faible. Les 2 caractères émis se mélangent sur le réseau pour obtenir une troisième valeur. L'électronique repère cette différence, elle arrête l'émission sur le réseau. Les 2 stations attendent la chute de BUSY. La collision n'est pas évitée, les transmissions doivent être répétées.

La finesse de détection de l'électronique est insuffisante, rien ne peut éviter la collision proprement dite.
A la chute de BUSY, les 2 stations calculent et lancent leurs délais "collision-erreur de comparaison".

Station SAD1



Station SAD2

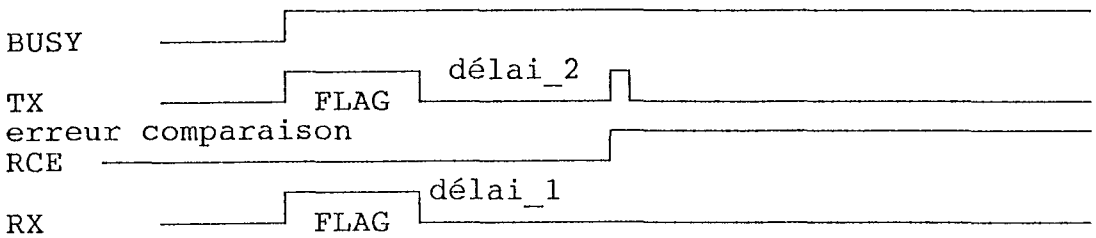


figure 19 : émission avec un écart de moins de 125 nanosecondes et avec des délais DELAI_DAD identtiques.

II.4.7.6 Remarques sur les collisions

La logique électronique du macrocomposant permet d'éviter, au maximum les collisions. Les différents cas présentés montrent le **CA (Collision Avoidance)** produit par le macrocomposant MVBS et sa sous-couche MAC en particulier.

Si une collision est détectée, le macrocomposant bascule en réception, il n'y a pas d'émission de trame de bourrage.

Le choix réalisé est de perdre, de temps en temps, le bloc parce que le MVBS émetteur ne recevra pas de bloc d'acquittement plutôt que de perdre souvent un grand nombre de courts blocs de commande.

La perte de blocs transmis est montrée dans le cas suivant :

l'adresse 10 émet vers l'adresse 30
l'adresse 30 émet vers l'adresse 5

Les adresses 10 et 30 ont le même délai_1 avant l'émission du destinataire.

La collision se produit sur l'émission du DAD=5 pour l'émetteur SAD=30.
L'adresse 30 s'arrête d'émettre et attend la chute du signal BUSY.
L'adresse 10 émet en totalité le bloc de commande, elle ne reçoit jamais de bloc d'acquittement de l'adresse 30.
Cette trame est considérée comme perdue, on a diminué la bande passante utile du réseau.
L'adresse 10 répètera le bloc après un délai d'"accès réseau".
L'adresse 30 répètera le bloc après un délai "collision-erreur de comparaison".

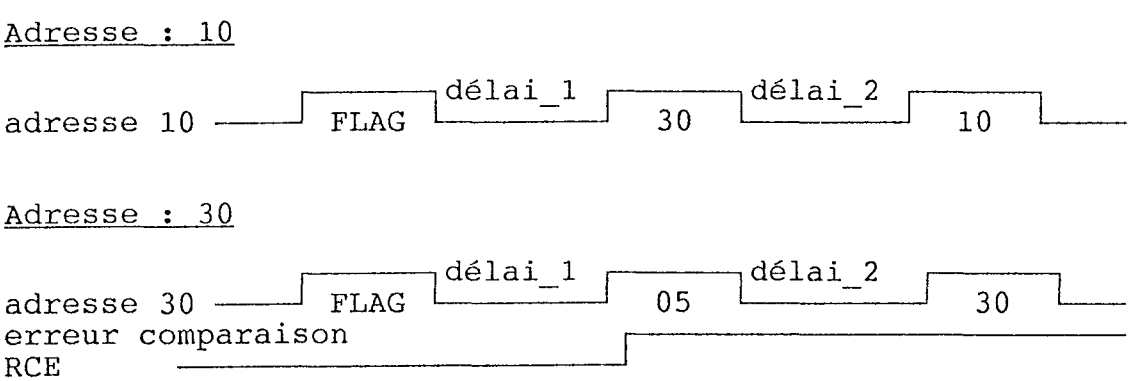


figure 20 : la collision inévitable

II.5 La sous-couche LLC de VOLUBILIS

La sous-couche liaison assure les échanges corrects des blocs d'informations entre les différents macrocomposants. La structure des données de la couche liaison de VOLUBILIS est propre à COMPEX, VOLUBILIS est un réseau "propriétaire" [MVB(1)] [MVB(2)] [MVB(3)]. Les services adoptés par VOLUBILIS sont de type sans connexion avec acquittement proche de la philosophie d'un type 3 de la norme OSI 8802.2.
Le protocole et les services sont spécifiques à VOLUBILIS.
Il admet deux services d'échanges de blocs, la diffusion et la transmission point à point.

II.5.1 Les services du macrocomposant VOLUBILIS

La couche liaison de VOLUBILIS est de type émission avec acquittement pour les échanges de données de type point à point : le macrocomposant MVBS émetteur est renseigné sur la qualité de la réception du macrocomposant destinataire. C'est le rôle du bloc d'acquittement VOLUBILIS.

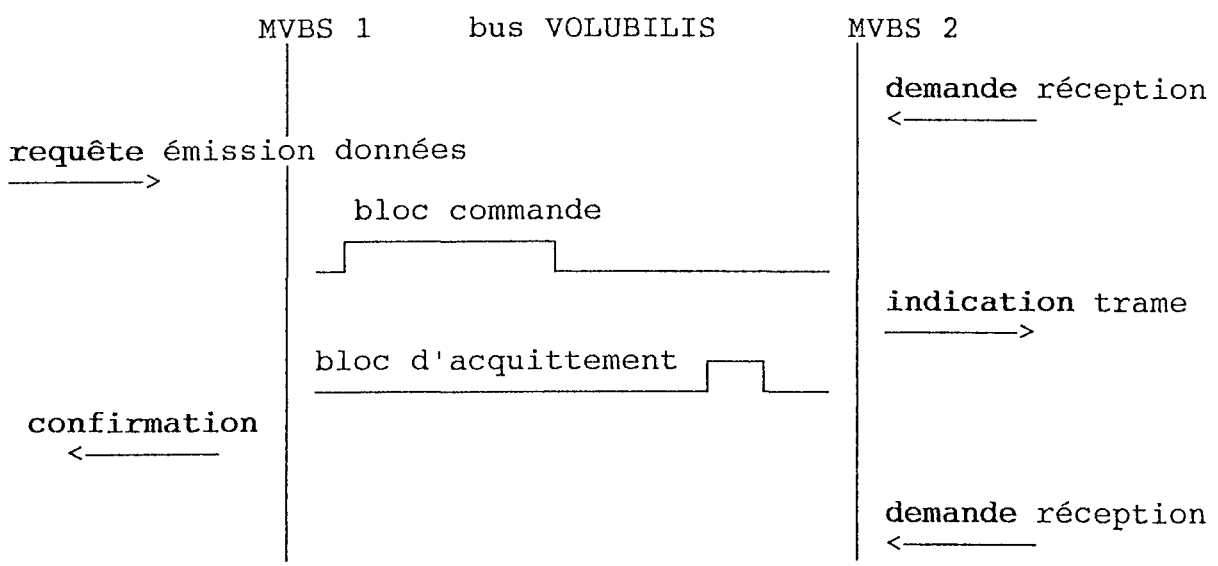


figure 21 : les services de VOLUBILIS

Ce schéma est différent du schéma de principe de la norme OSI sur la cinématique des échanges, car les réponses sont générées, par anticipation, dans le macrocomposant.
Les réponses du MVBS, envoyées dans les blocs d'acquittement, sont fonctions de la transmission sur le support physique, du passage de la trame à sa couche supérieure et des demandes obtenues par le macrocomposant auparavant.
Les **demandes** sont les autorisations de réception de blocs vers la couche supérieure. L'anticipation des demandes sur les réceptions est une source de gain en temps.

Nous exposerons la constitution des blocs véhiculés sur le réseau puis le protocole et enfin les échanges entre le MVBS et sa couche supérieure.

II.5.2 Les éléments des blocs de commande de VOLUBILIS

II.5.2.1 L'adressage

L'adressage se fait sur un octet. 252 valeurs sont possibles. Les adresses 0, 40, 80 et C0, en hexadécimal, sont interdites.
L'adresse destinataire ZERO est synonyme de diffusion.



figure 22 : octet adresse source DAD et destinataire SAD

bits 0 à 5 : adresse dans le sous-réseau.
bits 6 et 7 : valeur du sous-réseau.

La fonction de routage, propre à la couche 3 de la norme OSI, est ici inclus dans la couche 2 de VOLUBILIS dans un souci de simplification.

Les adresses de sous-réseau sont utilisées dans les passerelles, VOLUBILIS-VOLUBILIS ou VOLUBILIS-LAC par exemple.
Dans un réseau à bus unique, les adresses de sous-réseau n'ont que peu d'importance.

4 sous-réseaux sont ainsi définis :

	bit 7	bit 6
sous-réseau 0 :	0	0
sous-réseau 1 :	0	1
sous-réseau 2 :	1	0
sous-réseau 3 :	1	1

II.5.2.2 Le format de fonction FNCT

La fonction FNCT est l'élément essentiel du séquencement des blocs de la couche liaison. Elle est définie sur 2 octets FCT1, FCT2 et comprend 4 champs :

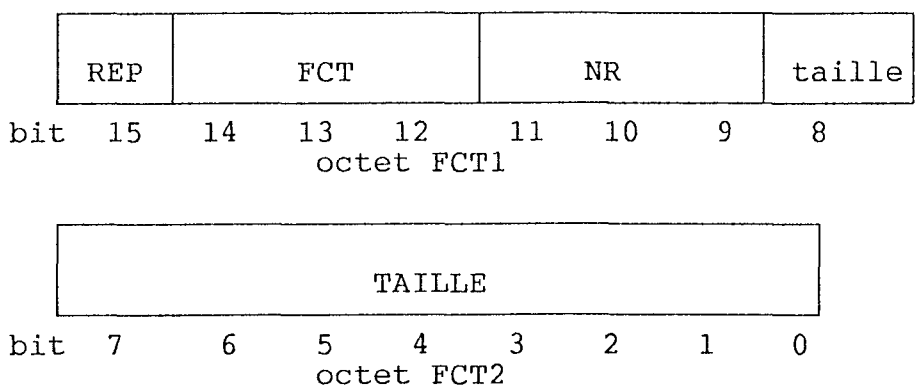


figure 23 : les octets FNCT

bits 0 à 8 TAILLE, longueur en octets du champ de données (9 bits) varie de 0 à 511

bits 9 à 11 NR, numéro, couche liaison, du bloc émis (3 bits)

bits 12 à 14 FCT, fonction du bloc transmis (3 bits)

bit 15 REP, indique si le bloc émis est normal ou répété (1 bit)

II.5.2.2.1 Le champ TAILLE

Ce champ sur 9 bits indique le nombre d'octets que contient le bloc de données. Le macrocomposant MVBS vérifie que le nombre d'octets de la zone DONNEES correspond au nombre d'octets donné dans le champ TAILLE.

II.5.2.2.2 Le champ numérotation : NR

Ce champ est géré uniquement par la couche liaison du MVBS. Tous les échanges, en point à point, entretiennent une numérotation des blocs.

Les échanges, en diffusion, ne numérotent pas les blocs de commande. Le champ NR a une valeur, par défaut, de zéro.

Le protocole de la couche liaison du macrocomposant VOLUBILIS numérote les blocs de commande et les blocs d'acquittement. Cette numérotation est indiquée dans le champ NR du caractère FCT1 dans le bloc de commande, dans le champ NRA du caractère ACK pour le bloc d'acquittement.

Ces valeurs vont de 0 à 7 modulo 8. L'incrémentation du nombre dépend de la valeur d'ACK du bloc d'acquittement.

Chaque macrocomposant entretient une numérotation séparée (transmission et réception) pour chacune des 252 stations disponibles avec lesquelles il est susceptible de dialoguer.

II.5.2.2.3 Le champ fonction : FCT

Le champ FCT qualifie le type de transmission, couche liaison. Il existe aujourd'hui 2 fonctions :

- FCT = 00 : fonction de données
- FCT = 01 : fonction de resynchronisation
- FCT = 02 à 07 : fonctions inutilisées aujourd'hui

Les **fonctions de données** sont, aujourd'hui, les seules accessibles par la couche supérieure.
Les autres fonctions envoyées par la couche supérieure ne sont pas transmises et recoivent un compte-rendu négatif par le macrocomposant.

Seule la couche liaison du macrocomposant peut utiliser les **fonctions de resynchronisation.** Cette fonction remet à zéro les numérotations, en émission et en réception pour les adresses source et destinataire correspondantes.

Cette fonction est employée au démarrage de chaque station afin de démarrer proprement les transmissions. Elle est aussi utilisée lors d'une observation de numérotation invalide ; la station émettrice doit alors envoyer un bloc de commande avec la fonction de resynchronisation

II.5.2.2.4 Le champ répétition : REP

Ce champ est géré par la couche liaison du MVBS.
Sa valeur, par défaut, est égale à zéro.
Seuls les échanges en point à point entretiennent ce bit. Pour les diffusions, la valeur est toujours zéro.

Lors d'une première émission en point à point, le bit REP n'est pas positionné.
Dans le cas où une répétition est nécessaire, le bloc de commande est réémis avec le bit REP positionné à 1.
La station réceptrice le reconnait comme un bloc répété.

II.5.3 Les éléments des blocs d'acquittement de VOLUBILIS

Ce bloc ne peut exister seul, il suit obligatoirement un bloc de commande en échange point à point. Il permet de savoir, dans l'ordre de quelques micro-secondes, si la transmission s'est bien passée sur le support physique et entre le MVBS et sa couche supérieure.

Le bloc d'acquittement comprend l'élément ACK et des octets de contrôle du bloc.

L'octet ACK se divise en 4 champs



figure 24 : octet ACK

bit 7 : REPA, bit de répétition de l'acquittement ACK

bit 4 à 6 : ACQ, valeur de l'acquittement couche liaison (3 bits)

bit 1 à 3 : NRA, numérotation du bloc acquittement (3 bits)

bit 0 : champ inutilisé

II.5.3.1 Le champ répétition REPA

Ce bit correspond à une répétition de l'acquittement.
Sa valeur, par défaut, est zéro.
Une station émet un bloc de commande, la station destinataire lui envoie le bloc d'acquittement sans problème.

L'émetteur du bloc de commande ne voit pas, pour une raison quelconque, le bloc d'acquittement (erreur de parité, erreur de checksum, erreur dans la structrure de l'acquittement). Il répète le bloc de commande, le destinataire lui répondra avec l'acquittement précédent avec le bit REPA répété positionné à un.

II.5.3.2 Le champ valeur acquittement ACQ

Le champ ACQ donne l'indication du traitement dans la couche liaison du macrocomposant destinataire. Les réponses reconnues sont de 4 types :

ACQ = 0 : acquittement positif
Le macrocomposant destinataire a bien reçu le bloc. Tous les caractères, depuis l'entête jusqu'au checksum, sont corrects.
La trame est passée à la couche supérieure qui l'a acceptée.

ACQ = 1 : acquittement négatif : plus de blocs disponibles
Le macrocomposant a bien reçu le bloc de commande.
Mais la couche supérieure refuse la trame car elle n'a plus de place mémoire. Plus précisément, le compteur de blocs disponibles, CRA, est nul ou le fifo du micro-contrôleur 80C452 est plein.
Il émet cet acquittement sans passer la trame à la couche supérieure (si CRA est nul) ou en la mettant dans le fifo avec un compte-rendu négatif (cas du fifo plein).

ACQ = 2 : acquittement négatif : erreur de numérotation
Le macrocomposant destinataire vérifie le numéro du bloc, il ne correspond pas au numéro qu'il doit recevoir.
Il émet cet acquittement sans passer la trame à la couche supérieure.

ACQ = 7 : acquittement négatif : erreur de type
Le macrocomposant destinataire vérifie le TYPE, couche liaison, qui ne correspond pas à son TYPE déclaré.
Il émet cet acquittement sans passer la trame à la couche supérieure.

ACQ = 3, 4, 5, 6 : acquittements non utilisés

II.5.3.3 Le champ numérotation NRA

Ce champ reprend la numérotation NR du bloc de commande.

II.5.4 Les différents compteurs de VOLUBILIS

Le macrocomposant dispose de plusieurs compteurs dédiés à la réception et à la transmission. Ils définissent les limites de validité des échanges.

II.5.4.1 Le compteur en réception

Chaque macrocomposant gère un compteur de blocs disponibles en réception.

Ce compteur, nommé CRA, permet de réguler le nombre de blocs de commande que peut recevoir la couche supérieure en réception.

Il représente la place mémoire qu'alloue la couche supérieure au MVBS pour traiter les blocs.

Si le compteur CRA est nul, les trames s'arrêtent au niveau du macrocomposant. Il évite, ainsi, de saturer la couche supérieure avec des informations qu'elle ne saurait traiter.

Ce compteur se décrémente à chaque réception avec un compte - rendu correct.

Il y a donc obligation de la part de la couche supérieure de réalimenter dynamiquement le compteur CRA après traitement de tout bloc de commande reçu.

II.5.4.2 Les compteurs en transmission

Le macrocomposant MVBS dispose de 2 types de compteurs en transmission.

- **les compteurs d'essais**
  liés aux impondérables de la couche physique.
  Ils donnent le nombre d'essais autorisés pour chaque transmission de blocs de commande.

- **les compteurs de répétitions**
  liés au protocole de la couche liaison.
  Ils indiquent le nombre de répétitions du bloc de commande suite à une réception négative.

II.5.4.2.1 Les compteurs d'essais

Le macrocomposant ne peut émettre indéfiniment un bloc de commande. Si un parasite gêne la transmission ,le MVBS doit décider de stopper les tentatives d'émission. C'est pourquoi il dispose de compteurs qui arrêtent la demande de transmission et envoient des compte-rendus négatifs d'émission.

Il existe 3 compteurs d'arrêt sur des émissions incomplètes :
- compteur de collision_erreur de comparaison_ENTETE
- compteur de collision_erreur de comparaison_DONNEES
- compteur de tentatives d'émission

II.5.4.2.1.1 Les compteurs de collision_erreur de comparaison

Lors d'une émission d'un bloc de commande ou d'acquittement, le macrocomposant vérifie bit à bit les caractères envoyés. S'il détecte une erreur, la couche physique positionne le signal RCE "erreur de comparaison". MVBS décrémente son nombre de tentatives d'émission. Si celui-ci n'est pas nul, il lance le délai correspondant et s'apprête à ré-émettre le bloc.

2 cas sont distingués :

- Le compteur de collision_erreur de comparaison_ENTETE :

  Si une erreur est perçue sur l'entête du bloc de commande, c'est-à-dire du caractère FLAG à TYPE, MVBS déclare une "vraie" collision. Elle provient d'un parfait synchronisme entre 2 MVBS. Le macrocomposant décrémente son compteur "compteur de collision_erreur de comparaison_ENTETE".
  Sa valeur maximale est fixée à 64 tentatives.
  Le délai, lancé après la décrémentation, est le délai "collision _erreur de comparaison".

- Le compteur de collision_erreur de comparaison_DONNEES :

  Si une erreur est perçue sur les autres caractères du bloc de commande, MVBS juge le réseau "parasité" électriquement. Il décrémente son compteur "compteur de collision_erreur de comparaison_DONNEES ".
  Sa valeur maximale est fixée à 64 tentatives.
  Le délai, lancé après la décrémentation, est le délai d'"accès réseau".

Sur le premier de ces 2 compteurs qui arrive à échéance, le macrocomposant abandonne l'émission et renvoie le compte-rendu "fin de transmission avec erreur de support".

II.5.4.2.1.2 Le compteur de tentatives d'émission

Ce compteur regroupe toutes les autres raisons, où le macro composant doit abandonner l'émission avant la fin complète du bloc de commande.

Le compteur permet d'éviter le cas suivant :

- Le signal BUSY change d'état continuellement, l'accès au câble est impossible au macrocomposant. Le MVBS doit prendre la décision de stopper l'émission après un certain nombre de tentatives.

Les décisions, de décrémenter ce compteur, sont prises dans les cas suivants :

- L'un des 2 délais est lancé. Si un bloc arrive (détection du signal BUSY), le macrocomposant bascule en réception. Il décrémente le compteur de tentatives.
- Une détection du signal (COLH) collision "matérielle" décrémente ce compteur.
- Si le macrocomposant voit la porteuse BUSY inactive lors de l'émission d'un bloc de commande, il abandonne l'émission et décrémente le compteur de tentatives.

Le MVBS ré-éméttra le bloc après un délai "d'accès réseau".

La valeur du compteur de tentatives est fixé à 512.

II.5.4.2.1.3 Remarques sur les compteurs d'essais

Ces compteurs d'essais en transmission évoluent si le macrocomposant peut accéder au support physique, c'est-à-dire si le signal BUSY évolue de l'état actif à l'inactif et inversement.

Dans le cas où le signal BUSY est toujours actif, le macrocomposant ne peut accéder au support. Il ne peut donc pas décrémenter ses compteurs et la couche supérieure n'a, par conséquence, jamais de compte-rendu d'émission.

Elle doit donc gérer un délai de validité pour tous les blocs qu'elle envoie au macrocomposant.

II.5.4.2.2 Les compteurs de répétitions en émission

Une répétition, au sens VOLUBILIS, signifie que l'émetteur voit son bloc de commande bien transmis sur le support physique mais que le bloc d'acquittement reçu n'existe pas ou n'est pas correct.

Le macrocomposant possède 2 compteurs d'émission de blocs de commande complets :

- nombre de répétitions
- nombre de répétitions - acquittement négatif "pas de blocs"

II.5.4.2.2.1 Le compteur nombre de répétitions

Le compteur nombre de répétitions se décrémente après une émission d'un bloc de commande sans recevoir de bloc d'acquittement.

Le cas se présente si l'adresse destinataire n'existe pas sur le réseau ou si cette adresse a détecté une collision, une erreur de parité, une erreur de checksum et qu'elle n'envoie pas, de ce fait, un bloc d'acquittement.

Le nombre total de répétitions effectuées, le macrocomposant envoie un compte-rendu négatif "destinataire absent" à sa couche supérieure. L'émission est terminée.

Le délai entre 2 répétitions est le délai d'"accès réseau".

La valeur de ce compteur est de 11 répétitions.

Il y a 12 émissions au total.

II.5.4.2.2.2 Le compteur nombre de répétitions : - acquittement négatif "pas de blocs" -

Le compteur nombre de répétitions - acquittement négatif "pas de blocs disponibles" se décrémente après une émission d'un bloc de commande et une réception de bloc d'acquittement avec la valeur ACQ égale à 1, 3, 4, 5 ou 6.

Le cas se présente :

- si le compteur CRA du MVBS de l'adresse destinataire est nul.
- si le fifo de l'adresse destinataire est plein.
- si l'acquittement, couche liaison, est inconnu.

Le délai entre 2 répétitions - acquittement négatif "pas de blocs" est le délai "collision-erreur de comparaison" pour laisser le temps à l'adresse destinataire de traiter ses blocs et de donner un compteur CRA à son macrocomposant.
La valeur de ce compteur est de 2 répétitions pour les acquittements négatifs - "pas de blocs disponibles".
Il y a 3 émissions au total.

II.5.5 Protection contre les erreurs de transmission

La protection contre les erreurs de parité en télé-informatique est une notion essentielle. Le souci de qualité de transmission autant au niveau physique que liaison doit être permanent.

Les RLI sont distribués dans les usines où les parasites électriques, magnétiques, mécaniques sont nombreux. Le blindage du câble, le suivi des normes électriques sont les éléments du niveau physique.

La couche liaison a 2 méthodes de contrôle de l'émission sur le support :

- la parité de chaque caractère (contrôle horizontal)
- le checksum sur l'ensemble des blocs (contrôle vertical)

II.5.5.1 La parité

Un caractère est codé sur 9 bits : 8 bits de données, 1 bit d'imparité.

Si la parité en réception est mauvaise, la station destinataire abandonne le bloc en cours, met un code d'erreur "bloc incomplet" en fin de trame et attend la chute du BUSY. La couche supérieure rejetera ce bloc incomplet.
La station source devra répéter le bloc.

II.5.5.2 Le checksum

Le checksum est la vérification verticale des caractères envoyés. Il existe dans le bloc de commande, octet CHSC, et dans le bloc d'acquittement, octet CHSA.

Pour chaque caractère, le MVBS additionne avec report de la retenue (ou carry) les valeurs successives des octets du bloc.

Si le checksum, CHSC, du bloc de commande est différent du checksum calculé, en réception, le bloc est abandonnée et un code d'erreur "bloc incomplet" est envoyé à la couche supérieure du récepteur.
Aucun bloc d'acquittement n'étant émis en point à point, la station devra répéter.
Si le checksum, CHSA, du bloc d'acquittement est différent du checksum calculé, la station réceptrice du bloc de commande a déjà transmis positivement ce bloc à sa couche supérieure et a incrémenté son numéro de réception. La station émettrice de la commande répètera le bloc et le mécanisme de contrôle des blocs doublés jouera dans le récepteur.

II.5.5.3 Les limites du checksum VOLUBILIS

Le calcul du checksum est simple sinon simpliste mais il est, aujourd'hui, "suffisant".

Cependant, un cas défavorable a été vu dans une première version de VOLUBILIS. Le problème rencontré est lié à la détection de collision de VOLUBILIS et au signal véhiculé sur le câble dont la conséquence se répercute sur le checksum.
Les blocs de commande spécifiés étaient de la forme :

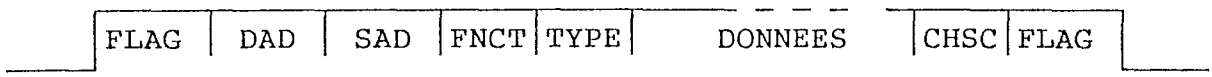


figure 26 : bloc de commande spécifié

Dans certains cas de collision, l'observation par un analyseur logique montrait que le signal RCE, erreur de comparaison, montait sur le premier octet FNCT.

La résultante des signaux créait un nouveau bloc associant plusieurs blocs entrant en collision.
Si la numérotation était correcte (1 chance sur 8), une addition simple des 3 octets DAD, SAD, FCT1, avec des valeurs fausses mais avec une parité correcte, donnait un résultat juste.

Le mélange de blocs étant bien sûr inacceptable, la décision a été prise de désynchroniser les blocs par des délais (entre le FLAG et le DAD, et entre le DAD et le SAD) et de redoubler les adresses DAD et SAD.
C'est la raison des délais DELAI_1 et DELAI_2.
Ces modifications résolvent les problèmes rencontrés.
Mais d'autres techniques auraient pu être introduites.

Le calcul du checksum étant effectué par le micro-contrôleur 80C452, le calcul d'une clé de contrôle de type CRC16 ne convenait pas car trop pénalisant en temps de traitement.

Le micro-contrôleur dispose de seulement 44 micro-secondes de traitement par caractère reçu ou envoyé.

Le report du calcul CRC16 dans l'EPLD était une solution techniquement possible. Mais toutes les cellules de l'EPLD étant occupées ,il aurait fallu ajouter un nouveau composant sur le MVBS.

L'évolution des composants électroniques permet d'envisager aujourd'hui l'intégration du checksum dans la logique électronique avec l'utilisation d'un ASIC.

II.5.6 Le protocole liaison de VOLUBILIS

Le protocole liaison gère la cinématique des blocs VOLUBILIS qui s'échangent sur le bus de communication VBS.
Ce protocole s'appuie sur les différents paramètres de l'entête et de l'acquittement des blocs VBS :

- l'adresse source SAD
- l'adresse destinataire DAD
- la fonction FCT
- la répétition REP et le numéro de blocs NR
- le type
- la valeur ACK de l'acquittement

II.5.6.1 La cinématique de numérotation

Le mécanisme d'acquittement est basé sur le principe de la fenêtre d'anticipation d'un bloc ce qui nécessite une numérotation séquentielle des échanges.
La cinématique de la numérotation ne s'applique que :

- pour des **échanges en point à point**
  et
- pour les **fonctions de données VOLUBILIS.**

Le macrocomposant entretient, en permanence, pour les 252 adresses de VOLUBILIS :

- le numéro du bloc de commande à émettre
- le numéro du bloc de commande à recevoir
- le numéro du dernier bloc de commande reçu
- le dernier acquittement envoyé d'un bloc de commande reçu

Cette table est mise à jour suivant les cas considérés.



figure 27 : la numérotation entretenue

Le cas normal :

Le MVBS de SAD1 émet son bloc avec le numéro N1(S) de la station destinataire considérée.
Le MVBS de SAD2 reçoit ce bloc et compare le numéro N1(S) avec son numéro N2(R) mémorisé.
Le mécanisme est le suivant :

```
Si bloc commande non répété (bit répétition REP = 0) alors
   Si N1(S) = N2(R) alors
               Acquittement ACK = Ok
   sinon
               Acquittement ACK = "erreur numérotation"
   finsi
sinon (bloc commande répété (bit répétition REP= 1))
   Si N1(S) = N2(R) alors
                  Acquittement ACK = Ok
   sinon
               Si N1(S) = N2(R-1) alors
                  Acquittement ACK= ACK mémorisé avec N2(R-1)
               sinon
                  Acquittement ACK = "erreur numérotation"
               finsi
   finsi
finsi
```

II.5.6.2 Exemples de mécanisme de fonctionnement d'un échange point à point

Un échange de données entre 2 stations distantes se compose de l'émission d'un bloc de commande suivi de la réception d'un bloc d'acquittement (si on se place du côté de l'adresse source).

Lors de toute transmission, la couche liaison vérifie la trame reçue de la couche supérieure et inscrit son numéro de transmission NR dans les octets fonction FNCT, puis émet le bloc.

La couche liaison du destinataire du bloc, qui se reconnait dans l'adresse DAD, vérifie le nombre de blocs disponibles, le numéro, le bit répétition, la fonction, le type et renvoie l'acquittement approprié.
Examinons les différents cas de transmission qui peuvent se présenter :

II.5.6.2.1 Cas de fonctionnement normal

La couche liaison de la station SAD1 reçoit une trame de la couche supérieure, elle numérote la fonction FNCT avec N1(S), puis émet un bloc de commande.
La couche liaison de la station SAD2 vérifie les paramètres de l'entête et passe la trame à la couche supérieure, incrémente la numérotation en réception (N2(R) —> N2(R+1)) et décrémente son nombre de blocs disponibles puis acquitte positivement sur le réseau.
La station SAD1 reçoit l'acquittement, incrémente son numéro en transmission (N1(S) —> N1(S+1)) puis envoie une confirmation positive à sa couche supérieure.

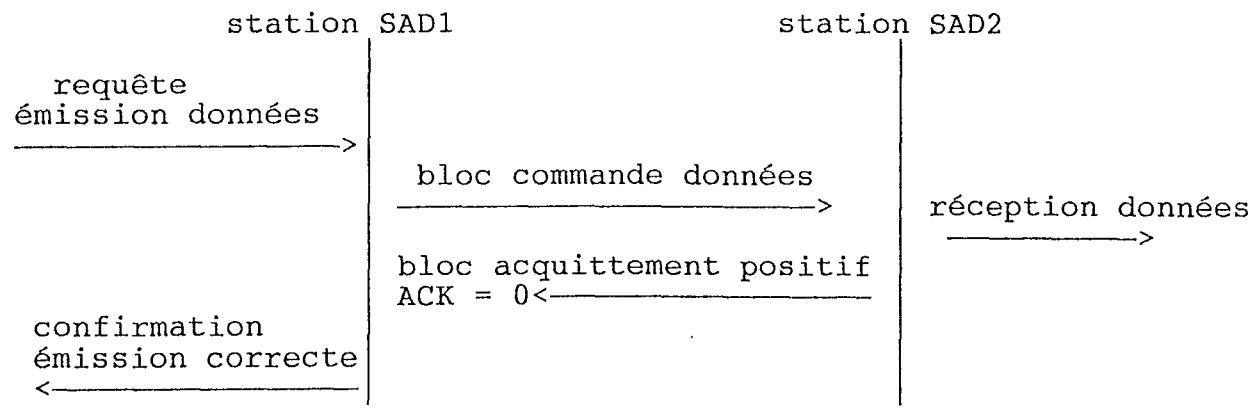


figure 28 : cinématique des échanges : cas normal

II.5.6.2.2 Cas : destinataire absent

La station SAD1 envoie le bloc de commande.

La station destinataire n'existant pas, elle ne reçoit pas de bloc d'acquittement.

La station SAD1 voit la chute de BUSY, lance le délai d'"accès réseau", puis réémet le bloc de commande avec le bit répétition REP positionné. Le nombre de répétitions atteint, la couche liaison de la station SAD1 rend la confirmation "pas d'acquittement couche liaison – destinataire absent" à sa couche supérieure.

La numérotation en transmission (N1(S) —> N1(S)) n'est pas modifiée.

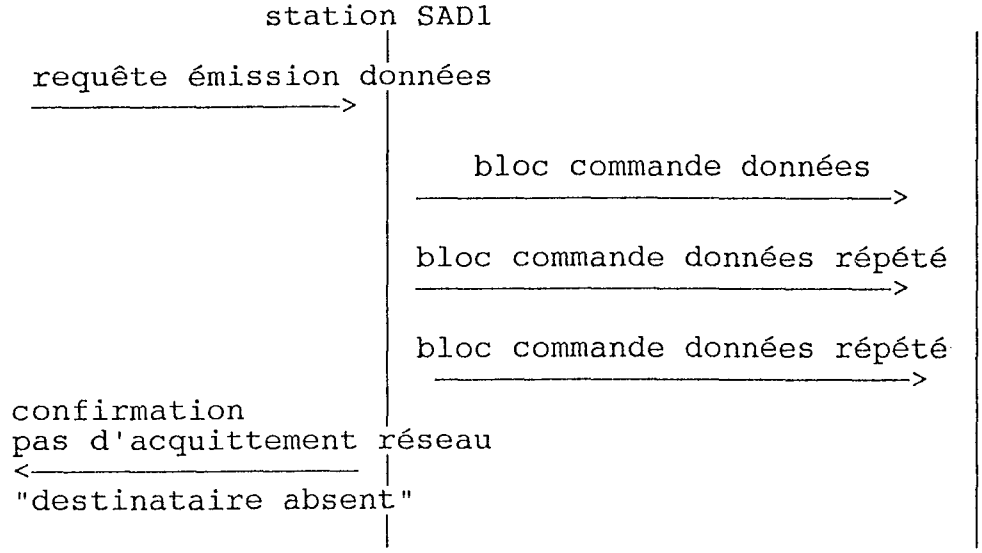


figure 29 : cinématique des échanges : cas destinataire absent

Remarque : Le résultat est le même si la station existe et qu'elle abandonne les réceptions en cours suite à une mauvaise transmission sur le support physique (cas: détections d'erreurs de parité ou de checksum,...).

II.5.6.2.3 Cas : plus de blocs disponibles

La station SAD1 émet un bloc de commande de données.

La couche liaison de la station SAD2 ne peut pas passer le bloc à sa couche supérieure car elle ne dispose plus de blocs. Elle renvoie un acquittement négatif "plus de blocs disponibles".

La station SAD2 incrémente sa numérotation (N2(R) —> N2(R+1)). Le MVBS de SAD1, sur ce type d'acquittement, lance son délai "collision-erreur de comparaison". Cette durée est suffisamment importante pour permettre à la station SAD2 d'effectuer ses traitements et récupérer de la place en mémoire.

A la chute de ce délai,la station SAD1 réémet le bloc de commande répété après un délai d'"accès réseau".

Cette cinématique dure :

- soit le nombre de répétitions autorisées.
  La station SAD1 envoie la confirmation "pas de blocs disponibles" et incrémente sa numérotation (N1(S) —> N1(S+1))

- soit, comme dans l'exemple, jusqu'au moment où le récepteur MVBS de SAD2 possède un bloc de réception, accepte la trame et renvoie un acquittement positif.
  Sur cet acquittement, le MVBS de SAD1 incrémente sa numérotation (N1(S) —> N1(S+1)).

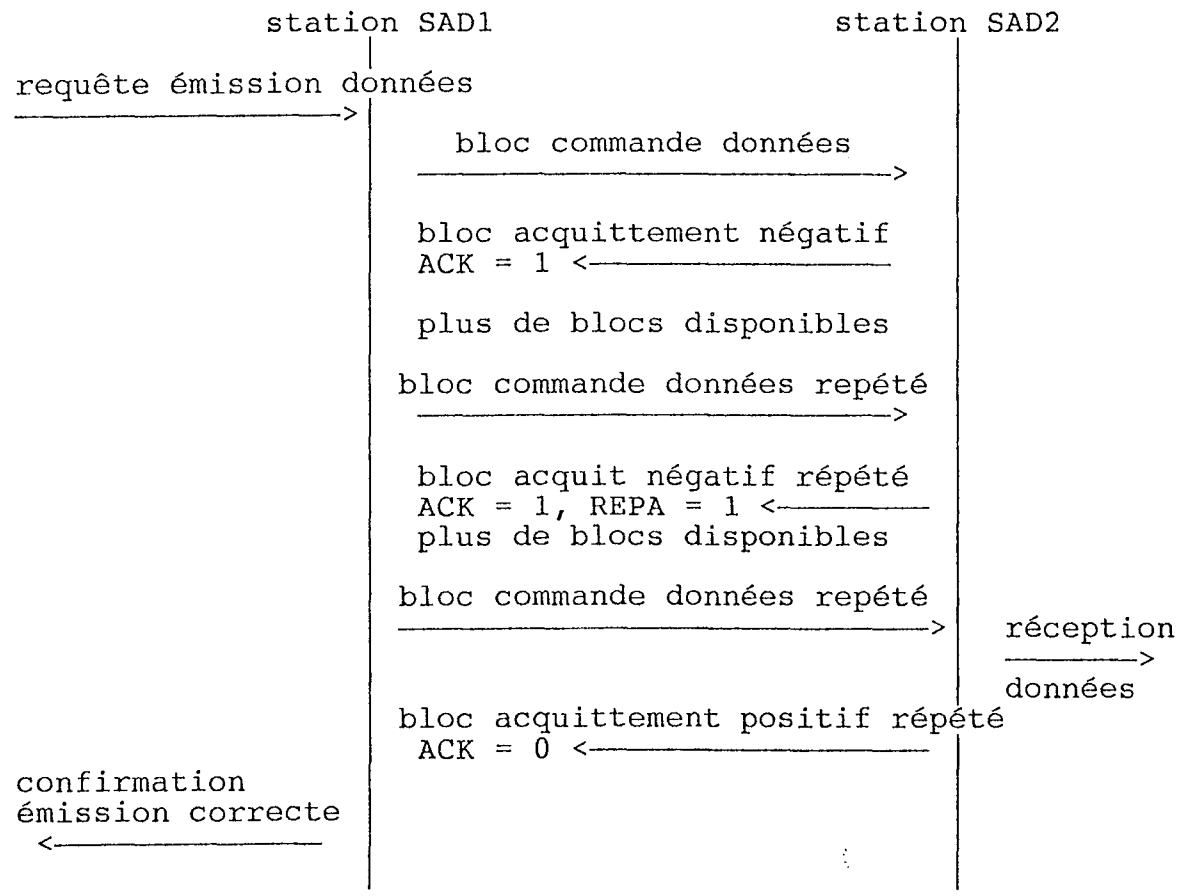


figure 30 : cinématique des échanges
cas plus de blocs disponibles

II.5.6.2.4 Cas : erreur de numérotation

La station SAD1 envoie le bloc de commande.

La station SAD2 destinatrice n'a pas le même numéro de bloc que l'émetteur, elle renvoie un bloc d'acquittement négatif "erreur de numérotation".

La couche supérieure de la station SAD2 ne reçoit rien de son macrocomposant.

A la réception de l'acquittement négatif, la station SAD1 envoie un bloc de commande avec une **fonction de resynchronisation** vers la station SAD2.

La station SAD2 passe la trame de resynchronisation avec un compte-rendu négatif. La couche supérieure abandonne ce bloc.

Le MVBS de SAD2 envoie un bloc acquittement positif puis remet à zéro sa numérotation en émission et en réception.

Elle ne décrémente pas son nombre de blocs disponibles.

```
N2(S)   ---> N2(S = 0);
N2(R)   ---> N2(R = 0);
N2(R-1) ---> N2(R-1 = 0);
```

La réception de l'acquittement positif dans MVBS de SAD1 remet à zéro la numérotation.

```
N1(S)   ---> N1(S = 0);
N1(R)   ---> N1(R = 0);
N1(R-1) ---> N1(R-1 = 0);
```

Le MVBS de SAD1 envoie une confirmation négatif "erreur de numérotation" à sa couche supérieure. La trame transmise est perdue, la couche supérieure doit alors décider de la mesure à adopter pour la ré-émission de la trame.

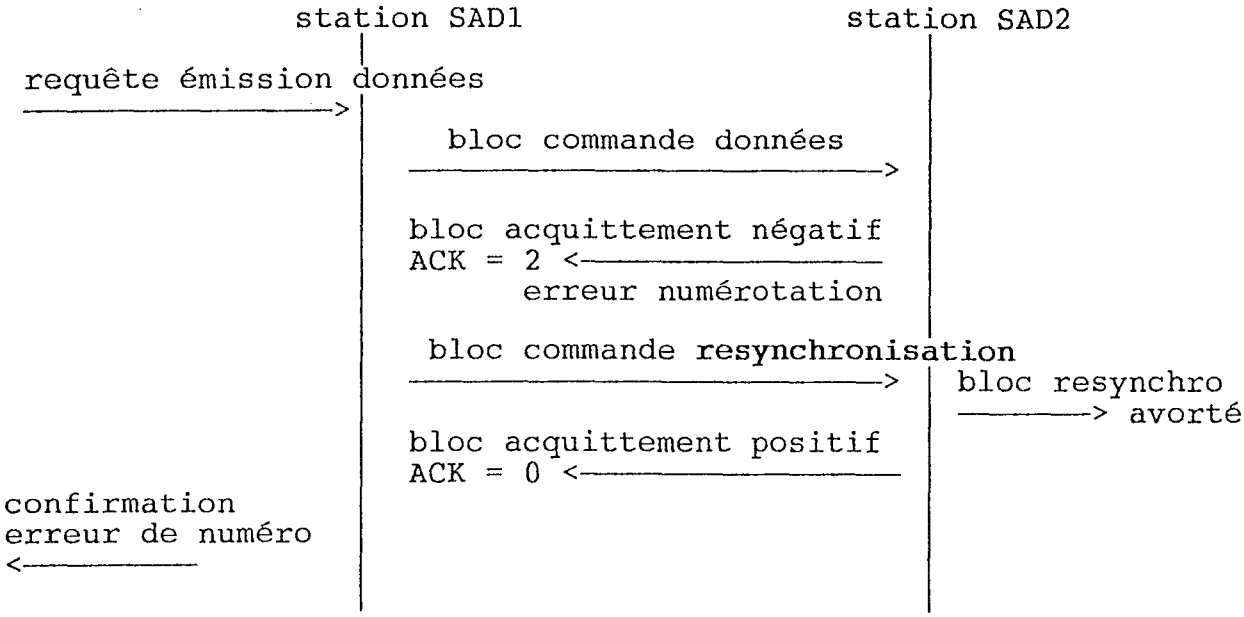


figure 31 : cinématique des échanges
cas erreur de numérotation

II.5.6.2.5 Cas : erreur de TYPE

La station SAD1 émet un bloc de commande de données.

La couche liaison de la station SAD2 ne reconnait pas le TYPE émis. Elle ne passe pas le bloc à sa couche supérieure, sa numérotation n'est pas modifiée.

Elle renvoie un acquittement négatif "erreur de TYPE".

La station SAD1, sur ce type d'acquittement, envoie la confirmation "erreur de TYPE" à sa couche supérieure, sa numérotation n'est pas modifiée.

C'est à la couche supérieure de la station SAD1 de décider de l'action à poursuivre.

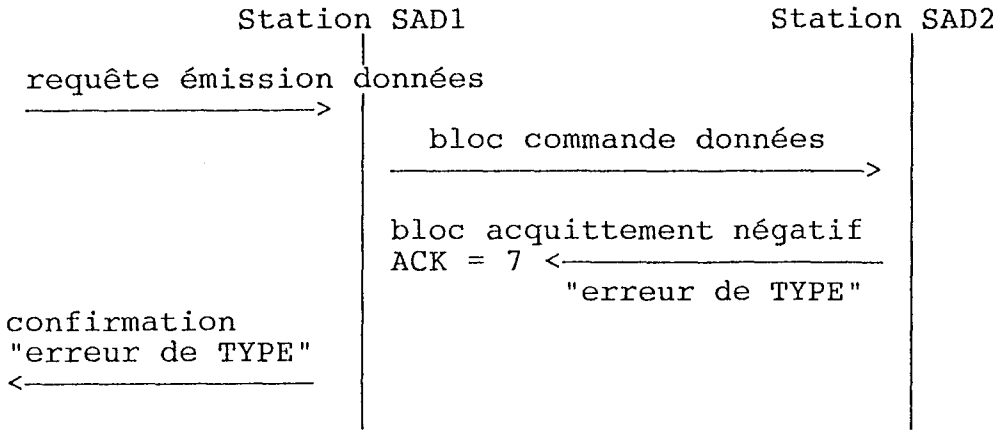


figure 32 : cinématique des échanges
cas erreur de TYPE

II.5.6.2.6 Cas : blocs doublés

La station SAD1 envoie le bloc de commande.

La station SAD2 destinatrice passe à sa couche supérieure le bloc de données, incrémente sa numérotation en réception (N2(R) —> N2(R+1)), décrémente son nombre de blocs disponibles puis renvoie un acquittement positif.

La station SAD1 ne voit pas l'acquittement réseau pour une raison quelconque, par exemple :

- erreur de parité sur un caractère du bloc d'acquittement.
- erreur de checksum sur l'acquittement.
- mauvaise structure du bloc de commande.
- aucun caractère reçu.

Il réémet la trame de commande avec le même numéro N1(S) et le bit répétition REP positionné.

La station SAD2 voit la répétition et le numéro du dernier bloc acquitté (N1(S) = N2(R-1)).

Elle ne passe pas la trame à sa couche supérieure, ne décrémente pas son numéro de blocs. Elle envoie un bloc d'acquittement avec le dernier numéro de bloc reçu et le dernier acquittement envoyé plus le bit répétition REPA de l'acquittement positionné.

Dans notre exemple, cet acquittement est positif. La procédure, pour une valeur d'acquittement négatif, est celle habituelle de l'acquittement considéré.

La station SAD1, sur la réception, passe une confirmation positive à sa couche supérieure puis incrémente son numéro en transmission.

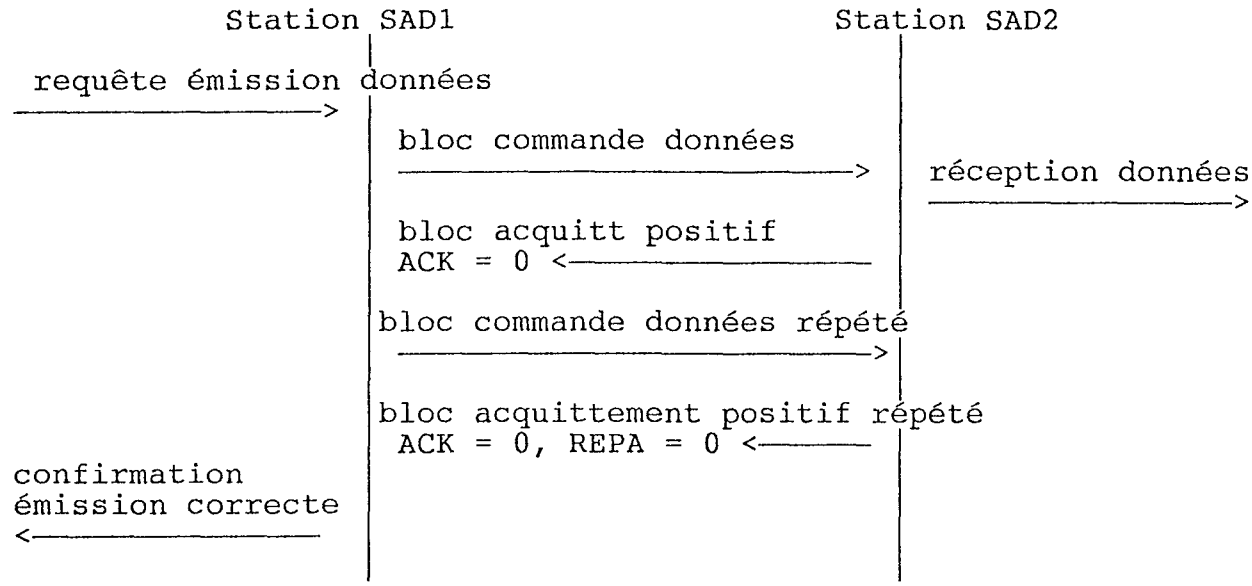


figure 33 : cinématique des échanges
cas blocs doublés

II.5.7 Le dialogue entre le MVBS et la couche supérieure

II.5.7.1 Format des trames échangées

Le service géré par le macrocomposant reconnaît 4 types de primitives de dialogues avec la couche supérieure.

- les **requêtes**
- les **indications**
- les **confirmations**
- les **demandes**

Les **requêtes** et les **indications** sont de même nature. Ils sont échangés dans le fifo de 80C452.

Ce format est du type :

- un octet de commande
- une zone de données dont la structure dépend de l'octet de commande
- un octet de fin de commande.

L'octet de commande et la zone de données sont lus ou écrits à l'adresse DATA FIFO (9ème bit = 0).

L'octet de fin de commande est lu ou écrit à l'adresse DSC FIFO (9ème bit = 1).

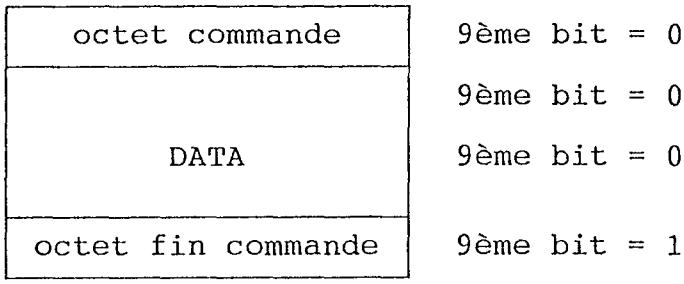


figure 34 : Format d'une **requête** ou d'une **indication**

Les **confirmations** des requêtes d'émission sont lues dans la boîte aux lettres du 80C452 par le processeur hôte.
Les **demandes** sont écrites dans la boîte aux lettres par le processeur hôte.

II.5.7.2 La cinématique des échanges

II.5.7.2.1 En transmission

La **requête** est mise dans le fifo par le processeur hôte.
Le MVBS émet la trame sur le bus VOLUBILIS, puis rend la **confirmation** dans la boîte aux lettres OUT.

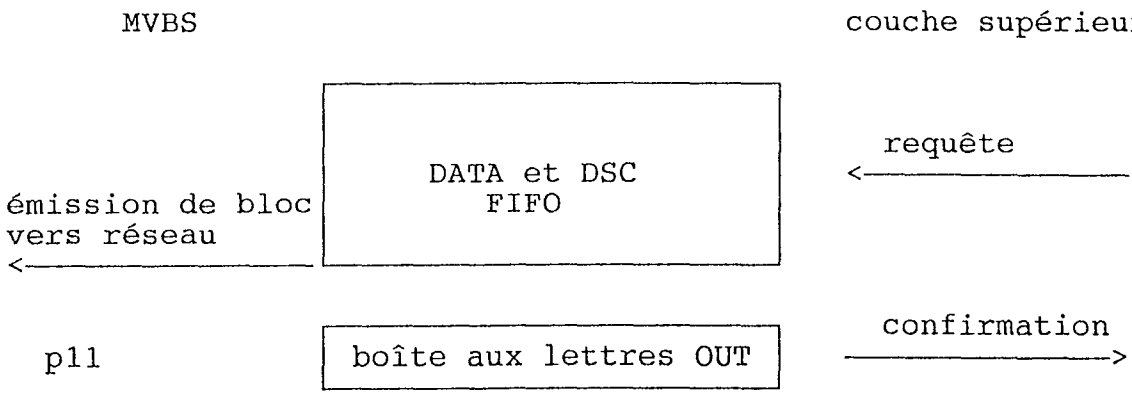


figure 35 : cinématique dans le fifo du 80C452 en transmission

II.5.7.2.2 En réception

Avant de recevoir depuis le réseau, le MVBS reçoit une **demande** de la couche supérieure.

Le bloc de commande est reçu, cette **indication** est mise dans le fifo du MVBS.

Si la trame ne peut pas rentrer complètement dans le fifo (car la couche supérieure ne vide pas assez vite le fifo), le MVBS met, dans la boîte aux lettres, un octet fin de commande "trame incomplète-overrun fifo" et envoie un bloc d'acquittement négatif "pas de blocs disponibles" sur le bus VOLUBILIS.

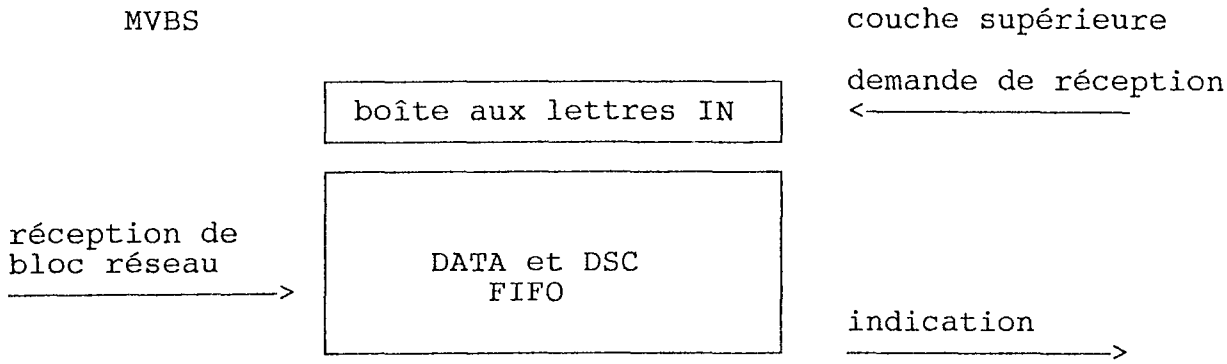


figure 36 : cinématique dans le fifo du 80C452 en réception

II.5.8 Les services du macrocomposant

Le MVBS met à la disposition du processeur de la couche supérieure un ensemble de services.

Les services du macrocomposant MVBS sont :

- diagnostic
- initialisation
- déclaration d'adresse liaison
- suppression d'adresse liaison
- transmission commande de données
- réception
- état des compteurs de MVBS
- incrémentation de compteur de blocs disponible CRA

II.5.8.1 Diagnostic

Le service diagnostic renseigne sur l'état du macrocomposant MVBS. Pour cela, MVBS, à la demande du processeur hôte, teste ses différentes fonctionnalités :

- test d'écriture et de lecture de la RAM
- test et calcul du checksum de la ROM
- test de fonctionnement des 2 timers du 80C452
- test de la logique réseau programmée dans l'EPLD

Le macrocomposant, pour tester l'EPLD, émet une trame sur le réseau et vérifie que tous les signaux obéissent au séquencement reconnu.

Par exemple : test du signal BUSY

Pour émettre, il faut que le réseau soit libre (cas BUSY inactif). Si la durée d'un signal BUSY actif est supérieure à la durée d'une trame de longueur maximale, le macrocomposant détecte une émission délirante. Le compte-rendu du diagnostic est "erreur BUSY".
Le diagnostic est un service de démarrage, il ne peut se faire en cours de transmission.
Il faut démarrer le MVBS par l'activation de sa ligne matérielle "reset", puis envoyer la trame de demande de diagnostic.
A la suite du compte-rendu de diagnostic, il est obligatoire de redémarrer proprement par un nouveau "reset" matériel.

II.5.8.2 Initialisation

Différents modes de fonctionnement sont connus par le macrocomposant MVBS. L'initialisation permet de fixer ces paramètres qui concernent essentiellement les adresses sources et destinataires.

- **initialisation d'un multivoie**

  Le macrocomposant se reconnait dans 1 à 8 adresses sources consécutives. Il gère, en conséquence, les réceptions et la numérotation sur ses 1 à 8 adresses.

- **initialisation d'une passerelle sous-réseau**

  Les sous-réseaux sont définis dans les 2 bits de poids forts d'une adresse.
  Le macrocomposant MVBS possède les tables de numérotations d'un nombre de 63 ,126 ,189 adresses sources vers 63, 126 ou 189 adresses destinataires ce qui correspond à un, deux ou trois sous-réseaux sources vers un, deux ou trois sous-réseaux destinataires.

- **initialisation d'une passerelle adresse**

  C'est une extension du multivoie, avec la possibilité d'avoir 8 adresses non consécutives.

- **initialisation en système doublé**

  Cette initialisation est prévue pour un protocole LAC de type LAS112. Il permet d'émettre et de recevoir sur l'adresse impaire et de recevoir uniquement sur l'adresse paire sans émission du bloc acquittement.
  La couche applicative doit gérer ce doublement d'adresses.

II.5.8.3 Déclaration d'adresse liaison

La déclaration d'adresse liaison provoque, dans le MVBS, l'émission en diffusion de 3 blocs de commande avec la **fonction de resynchronisation** sur le réseau afin de remettre à zéro la numérotation de toutes les adresses vers l'adresse concernée.
Les diffusions effectuées, l'adresse est créée logiquement sur le réseau. Elle peut émettre et recevoir.

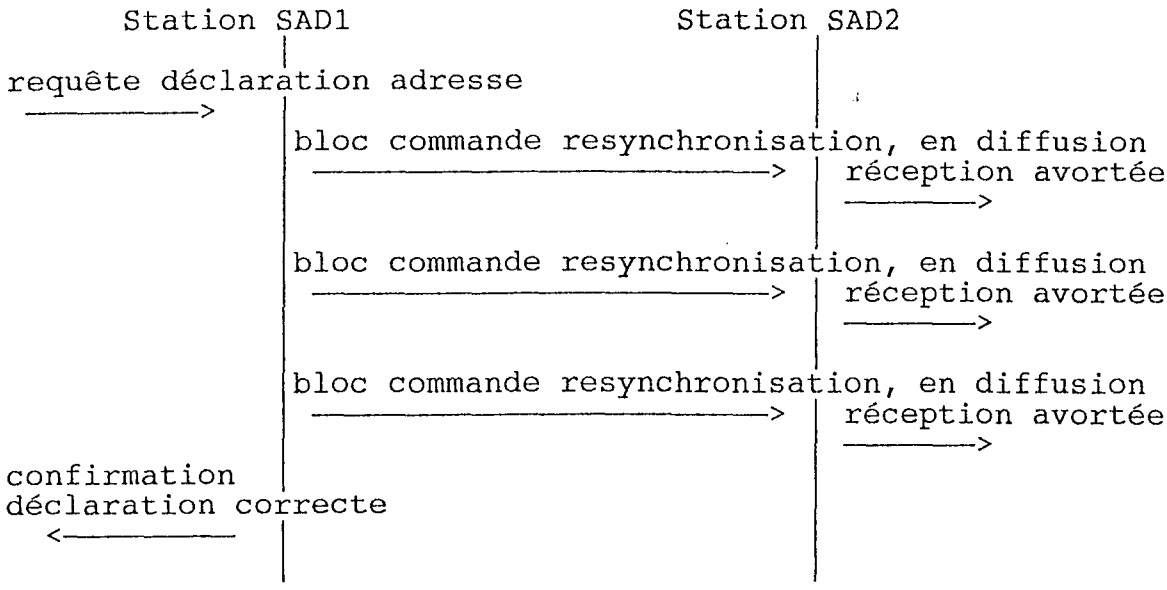


figure 37 : les émissions sur le bus lors d'une déclaration d'adresse

II.5.8.4 Suppression d'adresse liaison

La suppression d'adresse liaison VOLUBILIS arrête dans le MVBS la représentation logique sur l'adresse indiquée ,en réception et en émission. Celle-ci, pour des raisons évidentes, doit être préalablement déclarée.

Aucune trame n'est envoyée sur le réseau.

II.5.8.5 Transmission commande de données

Le seul type de transmission existant est l'émission de **fonction de données**. Chaque transmission annonce sa priorité en tête de bloc.

Le bloc émis traverse le fifo.

Le compte-rendu de transmission est dans la boîte aux lettres.

Le format de l'émission est :

- octet de commande : émission avec indice de priorité
- adresse destinataire : DAD
- adresse source : SAD
- 2 octets FNCT avec FCT = **fonction données**
  TAILLE (9 bits) = nombre de données
  NR = 000
  REP = 0
- TYPE
- Données (nombre est donné dans TAILLE)
- octet fin de commande = Ok

Remarque : Les caractères DAD et SAD ne sont pas doublés.
Le caractère CHSC est généré par le MVBS.

Les valeurs du compte-rendu sont :

- transmission correcte
- confirmation "pas acquittement réseau"
- transmission avortée par le processeur hôte
- transmission avortée par le processeur MVBS
- confirmation " valeur de l'acquittement réseau "
  - . pas de blocs disponibles
  - . erreur de numérotation
  - . erreur de type
  - . confirmation commande impossible
  - . confirmation " erreur accès au support"

II.5.8.6 Réception

Tout bloc de commande reconnu par le MVBS (l'adresse destinataire appartient à sa table des adresses représentées), dont les octets d'entête sont de plus corrects, est envoyé au processeur hôte.

Les données sont placées dans le fifo en sortie.

Le dernier caractère est un compte-rendu de réception.

Le format de réception est :

- octet de commande : réception
- adresse destinataire : DAD
- adresse source : SAD
- 2 octets FNCT avec FCT = **fonction données**
  TAILLE (9 bits) = nombre de données
  NR = numéro courant
  REP = répétition réseau
- TYPE
- Données
- octet fin de commande

Les valeurs des octets "fin de commande" reconnues sont :

- réception correcte
- réception "bloc incomplet"
- réception "erreur de checksum"
- réception "fifo en overrun"

Remarque : Les **fonctions de resynchronisation**, propre au macrocomposant, ne sont pas filtrées.
Leur compte-rendu est réception "bloc incomplet".

Le trame de resynchronisation reçue est :

- octet de commande : réception
- adresse destinataire : DAD
- adresse source : SAD
- 2 octets FNCT avec FCT = **fonction resynchronisation**
  TAILLE (9 bits) = 000
  NR = 000
  REP = 0
- TYPE
- octet fin de commande = réception "bloc incomplet"

II.5.8.7 Etat des compteurs de MVBS

Le macrocomposant MVBS dispose de 8 compteurs qui permettent de savoir comment se sont déroulées la transmission et la réception sur le réseau. Les compteurs sont rafraichis à chaque lecture du microprocesseur hôte.

Ces différents compteurs sont :

- nombre de collisions
- nombre de collisions-erreurs de comparaison

3 compteurs sur la transmission :

- nombre des blocs non acquittés réseau
- nombre d'acquittements réseau "pas de blocs disponibles"
- nombre d'acquittements réseau " erreur de numérotation"

3 compteurs sur la réception :

- nombre de blocs reçus acquittés "pas de blocs disponibles" car le compteur CRA est nul
- nombre de blocs reçus acquittés "pas de blocs disponibles" car le fifo est plein
- nombre de blocs reçus acquittés "erreur de numérotation"

La commande est mise dans le fifo en entrée, le résultat est dans le fifo en sortie. Si le fifo est plein, on attend la place disponible.

II.5.8.8 Incrémentation du compteur de blocs disponibles CRA

Le processeur hôte réserve au macrocomposant de la place en mémoire. Il fournit le nombre d'espaces libres en envoyant, un par un, les ordres d'incrémentation du CRA dans la boîte aux lettres en entrée.

II.5.8.9 Le protocole des échanges entre le processeur hôte et le macrocomposant MVBS

Les services ne peuvent se faire dans un ordre quelconque. Il faut suivre cette séquence.

- initialisation du mode de fonctionnement MVBS
- déclaration des adresses représentées
  MVBS peut émettre sur le réseau mais ne peut pas encore recevoir.
- demande de réception
  MVBS peut recevoir UNE seule trame du réseau.

Par exemple :

Le macrocomposant MVBS représente une seule adresse, valeur 4.
Il veut émettre une trame sur le réseau et recevoir uniquement 3 trames du réseau.

- initialisation MVBS en mode multivoie, une adresse
- déclaration de l'adresse 4
  A partir de ce moment, le macrocomposant peut émettre sur l'adresse 4.
- transmission de l'adresse 4
- incrémentation du compteur de blocs CRA
  MVBS peut recevoir une trame.
- incrémentation du compteur de blocs CRA
  MVBS peut recevoir 2 trames.
- réception de l'adresse 4
  MVBS peut recevoir une trame.
- réception de l'adresse 4
  MVBS ne peut plus recevoir de trame.
- incrémentation du compteur de blocs CRA
  MVBS peut recevoir une trame.
- réception de l'adresse 4
  MVBS ne peut plus recevoir de trame.

II.5.9 Le logiciel du macrocomposant MVBS

La méthode d'analyse utilisée pour la spécification du logiciel du macrocomposant MVBS est une analyse adaptée au système temps réél, la méthode des tables d'état qui est le langage commun à tous les développeurs de COMPEX. L'unicité de langage procure une souplesse et une faculté d'adaptation de tous les intervenants au cycle de vie du logiciel.

II.5.9.1 L'analyse par la méthode des tables d'état

L'objet est de décrire succintement les éléments de la méthode des tables d'état. C'est une méthode papier, "semi-graphique", simple à mettre en oeuvre, qui ne demande pas de gros moyens techniques et financiers. Elle est basée sur le triplet (**Action, Etat, Evènement**) pour l'étude d'un **système** informatique temps réél.
Une **Action** sur un état est une opération qui permet de faire passer un système d'un état initial vers un état final.

Il y a unicité de l'action ; une analyse d'un système qui conduit à envisager 2 actions différentes pour une même opération d'un état initial vers un état final, démontre une erreur de conception. Par contre, une même action peut agir sur deux états différents vers deux états (différents ou non).

Une **Action** est aussi nommée un traitement.

Un **Etat** d'un système est une phase stable où tous ses paramètres sont définis. Un système comporte autant d'états qu'il comporte de phases stables.

Un **Evènement** est une sollicitation externe du système qui, par sa présence, provoque une action. Un évènement intervient dans un état donné et provoque une action déterminée.

La liste de tous les évènements qui agissent sur le système est la première analyse à effectuer.

La rédaction de l'analyse se fait par une table d'état.

Le nombre de lignes est une fonction de la totalité des évènements qui agissent sur le système.

Le nombre de colonnes est une fonction du nombre d'états stables du système.

L'intersection d'une ligne et d'une colonne donne l'action à effectuer :

- si le système est dans l'état 1 et que l'évènement 2 arrive, l'action D est effectuée.

	ETAT 1	ETAT 2	ETAT 3	ETAT 4
Evènement 1	action A	action A	action B	action C
Evènement 2	action D	*	*	*
Evènement 3	*	*	action E	action F

figure 39 : table d'état

Le caractère "*" signifie que l'action est impossible.

C'est une méthode simple et évolutive.

Une fois la liste de tous les évènements répertoriés, on créé cette table par adjonction successif d'états.

II.5.9.2 L'exemple appliqué à VOLUBILIS

Les évènements qui interviennent sur VOLUBILIS sont de plusieurs types indépendants entre eux :

- les évènements de l'interface réseau

  . les signaux BUSY actif, BUSY inactif, TXEN
  . le drapeau fin de transmission de caractère sur la liaison série
  . le drapeau fin de réception de caractère sur la liaison série
  . les chutes des délais aléatoires

- les évènements de l'interface fifo intégré

  . réception donnée fifo (les DATA)
  . réception commande fifo (les DSC)
  . boîte aux lettres en réception présente
  . fifo en sortie plein
  . fifo en sortie en "overrun"
  . boîte aux lettres pleine en écriture

Le début de la table, en transmission,ainsi créée est donc :

ETAT évènement	FLAG	DAD	SAD	DAD
BUSY monte	Q	*	*	*
BUSY tombe	*	N	N	N
signal TI	*	B	C	D

Q, N, B, C, D, sont sont les noms des traitements.

figure 40 : début de la table d'état (en émission ou en réception)

Les états stables de VOLUBILIS sont fonctions des différents caractères émis ou réçus sur le réseau et des valeurs du BUSY.

II.5.9.3 Les schémas d'analyse de VOLUBILIS

Les schémas d'analyse complètent les tables d'état de VOLUBILIS. Les états sont représentés par des cercles, les flèches symbolisent l'action à effectuer. Les évènements ne sont pas notés.

Le schéma d'analyse de la transmission de VOLUBILIS se décrit de la manière suivante.

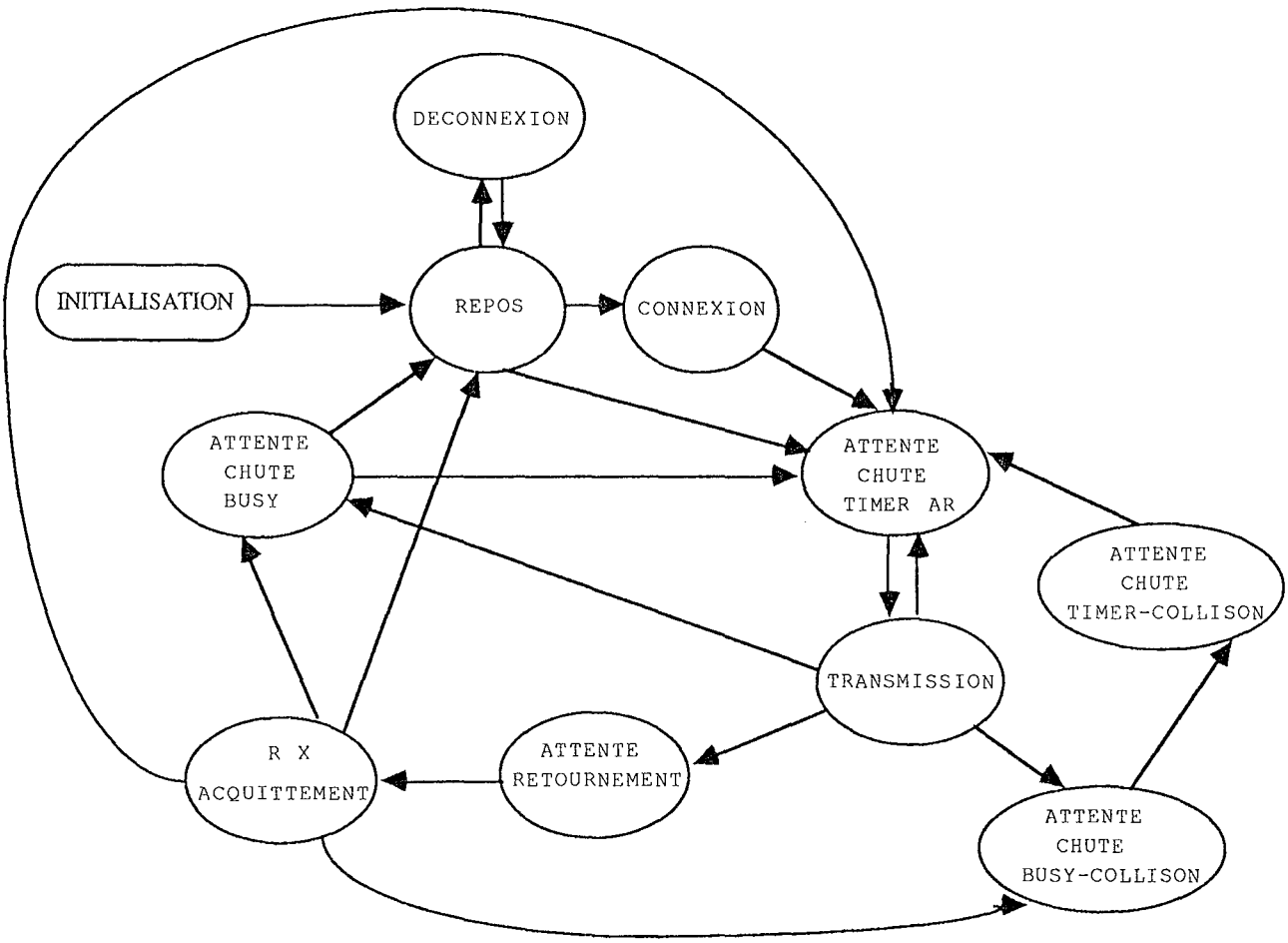


Figure 42 : schéma d'analyse de la transmission

Etat courant	Evènement	Action	Nouvel état
initiali -sation	trame init dans fifo	traitement init	repos
repos	transmission dans fifo	prépare bloc lance timer AR	Attente_chute timer_AR
	déclaration SAD dans fifo		connexion
	suppression SAD dans fifo		déconnexion
Attente_chute timer_AR	chute timer_AR	début transmission	transmission
transmission	fin émission et (diffusion ou TX vers soi-même)	CR fin TX Ok	Attente chute BUSY
	fin émission fin déclaration adresse SAD	CR fin TX Ok mettre SAD dans table adresses représentées	Attente chute BUSY
	fin émission DAD unique		Attente retournement
	émission en cours SAD non déclarée FCT inconnue bloc incorrect	arrêt TX CR négatif	Attente_chute BUSY
	collision		Attente_chute BUSY collision
	TX en cours chute BUSY	calcule lance timer AR	attente_chute timer_AR
Attente retournement	retournement	bascule en réception	RX_acquitte-ment
RX_acquitte-ment	fin réception ACQ Ok	CR fin TX Ok	Attente_chute BUSY
	chute BUSY nbre répétition=0	CR fin TX "DAD absent"	repos
	chute BUSY nbre répétition<>0	calcule lance timer_AR	Attente_chute timer_AR
	fin réception ACQ="pas blocs" nbre répét <> 0		Attente_chute BUSY_collision
	fin réception ACQ="pas blocs" nbre répét =0	CR fin TX "DAD pas blocs"	Attente_chute BUSY_collision

Attente_chute BUSY	chute BUSY TX en cours	calcule lance timer_AR	Attente_chute timer_AR
	chute BUSY TX terminé	CR fin TX "erreur support"	repos
Attente_chute BUSY_collision	chute BUSY	calcule lance timer collision	Attente_chute timer_collision
Attente_chute timer_collision	chute timer collision	calcule lance timer_AR	Attente_chute timer_AR
connexion	déclaration dans fifo	prépare trame resynchro calcule lance timer_AR	Attente_chute timer_AR
déconnexion	suppression dans fifo	enlever SAD de table adresses représentées	repos

figure 43 :
table d'état des transitions de la transmission VOLUBILIS

II.5.9.4 Réalisation du logiciel

Le logiciel du macrocomposant est écrit en assembleur INTEL 8031. Ce choix est lié au problème essentiel de la vitesse, car le MVBS vit au rythme du réseau. Les traitements, par caractère, doivent être inférieurs à 44 micro-secondes, durée d'un caractère sur le réseau.

La vitesse est aussi une contrainte appliquée, à un moindre degré, au processeur hôte de par l'utilisation d'une interface fifo. Car le processeur hôte est averti soit sur une fin de trame, soit sur 32 caractères déjà reçus du réseau (c'est le seuil de détection du fifo fixé dans MVBS à 32 octets).

Le logiciel ne bufferise pas les données en réception, il les met directement dans le fifo du 80C452. Ceci impose au processeur hôte de vider le fifo plus rapidement que le 80C452 ne le remplit. En transmission, le MVBS prend les données du fifo, les émet sur le support et en même temps les stocke en mémoire pour les cas de répétitions.

Ceci implique au processeur hôte de remplir rapidement le fifo car le bloc de commande doit être émis dans une continuité de temps, un caractère tous les 44 micro-secondes.

Si un caractère de la trame est erroné (ex : adresse source non déclarée), si la longueur des données est fausse ou si le MVBS n'a plus de caractères dans le fifo (cas du processeur hôte trop lent) le bloc de commande est émis sur le support de manière incomplète ce qui diminue la charge utile du réseau.

Le ou les macrocomposants destinataires recoivent alors des blocs incomplets et terminent leur réception par un compte-rendu négatif "bloc incomplet" dans le fifo.

III ADMINISTRATION ET ANALYSEUR DE RESEAU

III.1 Introduction

III.2 L'administration de réseau - l'administrateur

III.3 L'analyseur de réseau
Les fonctions principales
III.3.1 L'outil de développeur
III.3.2 L'outil de maintenance et de surveillance
III.3.3 L'outil du gestionnaire

III.4 La norme ISO et la gestion de réseau
III.4.1 L'administration OSI
III.4.2 La gestion de réseau OSI
III.4.2.1 La gestion système
III.4.2.2 La gestion de couche (N)
III.4.2.3 Les opérations de couche (N)
- La gestion des anomalies (Fault Management)
- La gestion d'informations comptables (Accounting Management)
- La gestion de configuration (Configuration Management)
- La gestion des performances (Performance Management)
- La gestion de sécurité (Security Management)
III.4.2.4 Le service commun CMIS
(Commun Management Information Service).
III.4.2.5 Le protocole commun CMIP
(Commun Management Information Protocole).

III.5 L'administration et l'observateur de réseau VOLUBILIS
III.5.1 L'administration d'un réseau VOLUBILIS
III.5.1.1 Les fonctions d'administration des MVBS standards
- le service diagnostic
- le service état de compteurs de MVBS
III.5.2 L'observateur de réseau VOLUBILIS
III.5.3 Les principales fonctions de l'observateur VOLUBILIS
III.5.3.1 Présentation de l'analyseur
III.5.3.1.1 support matériel
III.5.3.1.2 structure des fonctionnalités de l'analyseur
III.5.3.1.3 Les champs d'observation des trames VOLUBILIS
III.5.4 Les options
III.5.4.1 L'option filtrage d'adresses
III.5.4.2 L'option filtrage de fonctions
III.5.4.3 L'option "trigger"
III.5.4.4 L'option stockage sur disque
III.5.4.5 L'option démarrage/arrêt après un évènement temporel
III.5.4.6 Les statistiques
III.5.5 L'enregistrement des trames échangées
III.5.6 L'horodatage des trames sur le réseau
III.5.7 Le comptage des blocs et des charges
III.5.8 L'inventaire
III.5.8.1 Pour tous les types sauf TYPE LAC
III.5.8.2 Pour un TYPE LAC
III.5.9 Les utilitaires
III.5.9.1 La configuration des paramètres d'analyse
III.5.9.2 La visualisation des paramètres d'analyse
III.5.9.3 L'analyse différée

III ADMINISTRATION ET ANALYSEUR DE RESEAU

III.1 Introduction

Le réseau de communication, nerf central du passage de l'information est un élément clé du partage des données et des ressources dans l'entreprise. Son rôle est vital et son administration (gestion, planification, évolution du réseau) se révèle de première importance.

Le concept d'administration de réseau est ancien. La télécommunication a développé depuis longtemps des méthodes et des outils de contrôle adaptés, face à la complexité et l'étendue de ses structures.

Compte-tenu de leur croissance en nombre et en complexité (liaison par passerelles à d'autres RL), les réseaux locaux ressentent le besoin d'une administration apte à résoudre leurs problèmes d'hétérogénéité.

Devant cet état de fait, l'ISO a rajouté, depuis 1986, un cadre, des services, des protocoles... une structure OSI de gestion réseau.

L'administration des RLI est, aujourd'hui très simplifiée, du fait de leur dimension réduite. Il existe néanmoins des outils d'administration, les analyseurs de réseau.

Nous présenterons l'outil d'analyse du bus VOLUBILIS, ses spécifications, sa réalisation. Son accès réseau est supporté par le macrocomposant étudié précédemment, modifié uniquement sur son aspect logiciel de traitement des données.

III.2 L'administration de réseau - l'administrateur

L'administration est l'action de gestion courante des stations et des échanges sur le médium. Elle est dirigée dans les grands réseaux de télécommunication par un administrateur.

Dans les réseaux locaux industriels, la taille est limitée par la division hiérarchisée. Chaque cellule a son réseau indépendant ce qui restreint les problèmes de fonctionnement.

Le RLI, généralement, ne demande pas, à plein temps, un suivi et un entretien. C'est pourquoi, le profil de l'administrateur de RLI est un informaticien industriel ou un automaticien mais il est le plus souvent occupé par la personne qui a suivi ou qui s'est formé sur le réseau utilisé.

L'administration est le suivi de l'exploitation du réseau dans un but d'optimisation et de contrôle.

Elle concerne les évolutions et les surveillances du réseau qui concernent de manière générale :

- l'adjonction ou le retrait de stations, de fonctions
- la détection des anomalies et leurs résolutions
- les alertes
- le bilan des échanges du réseau
- l'analyse et l'évaluation des performances
- la reconfiguration des communicateurs
- l'information des communicateurs et des équipements
- l'initialisation de nouveaux services
- l'évaluation des performances
- la supervision de l'état du réseau
- etc...

Les tâches sont diverses et dépendent aujourd'hui du réseau, de sa structure et de ses possibilités.

Prenons, par exemple, les réseaux LAC2 et LACMIC.

- les réseaux LAC ou LAC2 sont de type maître-maître au niveau des équipements accordés. L'administrateur doit choisir les communicateurs et les protocoles de ses équipements puis entretenir son réseau.

- le réseau LACMIC par sa couche application messagerie industrielle est de type demandeur-serveur. L'administrateur doit, en plus du choix et de l'entretien, définir les données, les structures, les tables et les liens logiques et physiques des éléments de son système.

L'outil privilégié est l'analyseur ou l'observateur de réseau pour la surveillance, le contrôle, la mesure des paramètres.

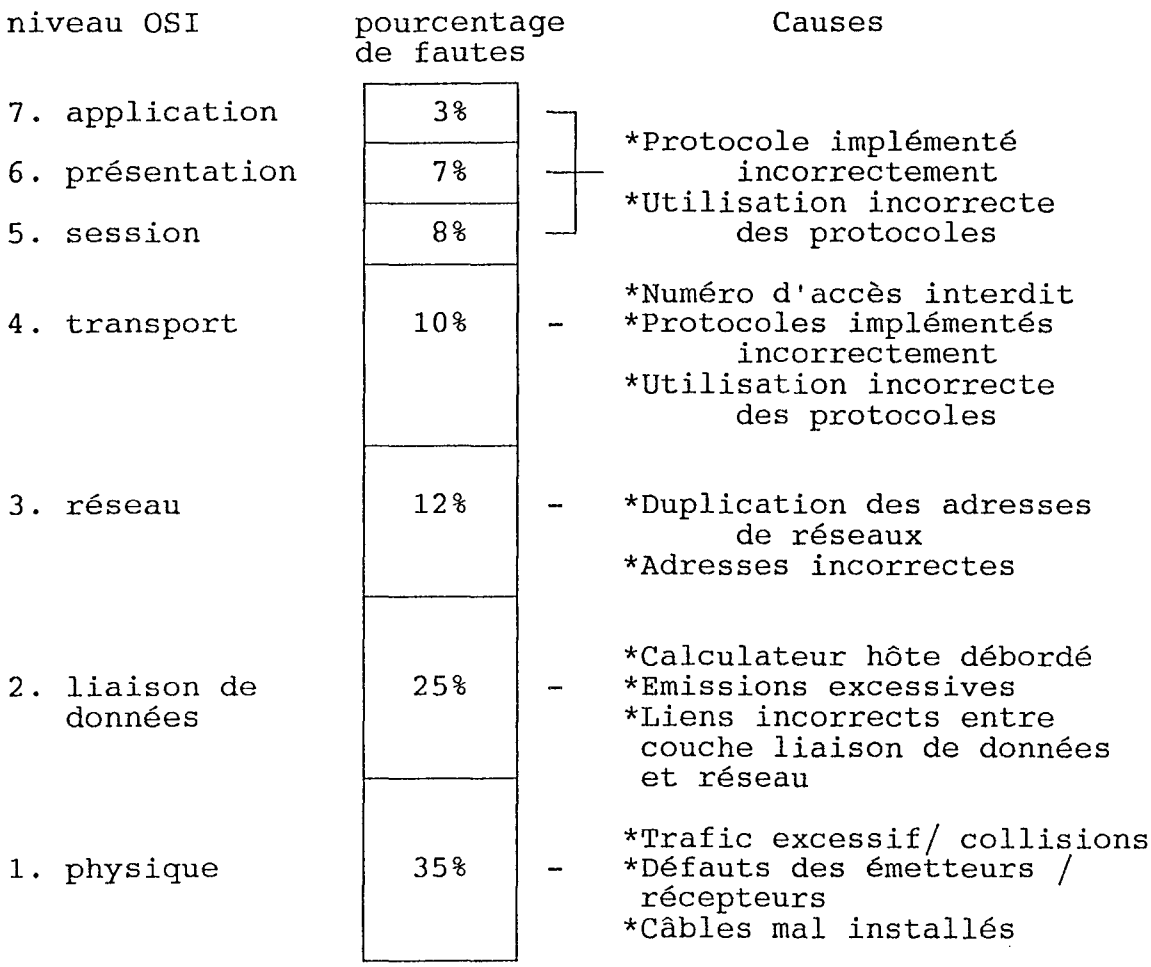


figure 1 : Problèmes courants dans les réseaux[MAI.89]

III.3 L'analyseur de réseau

L'observateur ou analyseur de réseau est l'outil du réseau. Son rôle est multiple et doit répondre à tous les utilisateurs qui participent à la vie du réseau.

Il sert surtout dans les états transitoires, mise en route, anomalies...

Durant un fonctionnement stable, il est utile pour évaluer les charges, connaître la part des stations dans l'occupation du temps réseau etc...

Mais il ne peut lui seul avoir la connaissance des stations et de leurs échanges. Il faut aussi une décentralisation dans chaque communicateur de la fonction administration de réseau.

Les modes de fonctionnement sont les standards, de fait, des analyseurs actuels :

- sélection et affichage des trames circulant sur le support
- lancement et arrêt de visualisation sur évènements ou délais temporelles
- marquage horaire pour déterminer leur durée des trames et leurs delais inter-trames
- comptage et statistiques de trames traitées suivant les adresses source et destinataire et la fonction
- reconnaissance des stations présentes sur le réseau
- analyse différée des trames et statistiques

III.3.1 L'outil du développeur

Dans les RLI, la multiplicité des protocoles d'automates, de robots, engendre l'écriture d'interfaces spécialisés. La connaissance des échanges sur le réseau permet la mise au point des applications.

III.3.2 L'outil de maintenance et de surveillance

L'observateur doit être capable de détecter les erreurs venant du support physique et du protocole. C'est à dire la coupure ou la faiblesse d'un câble, la double existence d'une adresse, les erreurs de checksum, de parités, les trames incomplètes doivent être détectées pour prévenir une défaillance plus grave par une réparation dans les plus brefs délais.

Il est alors parfois nécessaire à l'analyseur d'agir sur le communicateur.

Pour des applications sophistiquées, l'aide d'un système expert placé derrière l'analyseur permet d'alerter plus rapidement et ainsi de prévenir et d'éviter les pannes paralysantes.

Cette étude est faite par exemple à BULL ANGERS sur un réseau LAC. La maintenance est observée sur les équipements qui ont chacun un modèle de comportement dans une tâche automate reliée à l'analyseur.

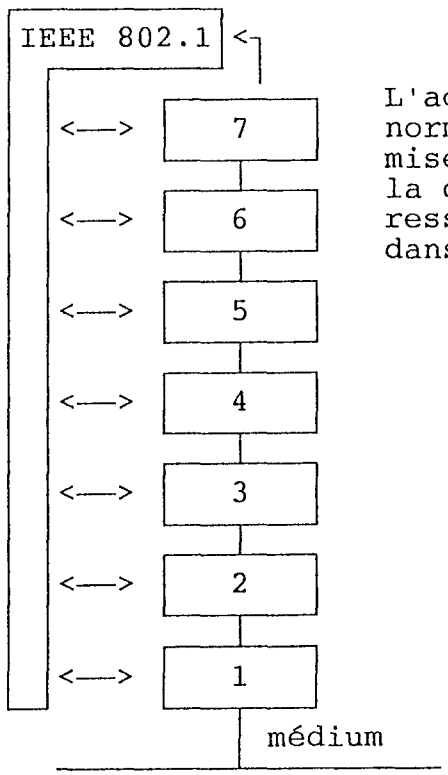
Au cas où une anomalie survient, l'automate avertit le système expert pour prendre une décision appropriée à l'erreur.
La surveillance des stations se trouve sur les dépassements de seuil, et se visualise sur des synoptiques, sur un journal d'échanges ou d'alarmes.

III.3.3 L'outil du gestionnaire

Nous considérons le gestionnaire en tant qu'élément de partage et d'analyse des échanges réseau en dehors de tous problèmes de maintenance.

III.4 La norme ISO et la gestion de réseau

III.4.1 L'administration OSI



L'administration par définition de la norme OSI est "l'ensemble des activités mises en oeuvre pour réaliser le contrôle, la coordination et la supervision des ressources servant aux communications dans un environnement de systèmes ouverts."

figure 2 : positionnement de la norme OSI par aux couches

L'administration OSI est présente dès le projet initial dans la norme IEEE 802.1. Chaque couche OSI a des services de gestion OSI.

III.4.2 La gestion de réseau OSI

Reconnu depuis le début de la normalité OSI, la gestion de réseau OSI connaît un nouveau développement aujourd'hui.[BOU(2).89]
La gestion des réseaux étant particulière à l'application considérée, l'objet de la normalisation OSI est la **communication** des outils de gestion. Elle énonce la manière de transmettre les informations de gestion entre les différentes parties du système.
A l'initiative des constructeurs d'informatiques et de télécommunications, douze avant-projets de norme (Draft Proposal) ont été déposés l'hiver dernier.
C'est la suite logique à la stabilisation de la norme OSI des communications.
Cette norme 7498-4 étudiée par le sous-comité 21 (SC21) de l'ISO définit une façon de transmettre les informations liées à la gestion du réseau. La norme se compose d'un modèle architectural, d'un service et d'un protocole commun **CMIS** (Common **M**anagement Information Service) et **CMIP** (Common **M**anagement Information Protocol), de fonctions et d'une base d'informations de gestion **MIB** (**M**anagement Information Base).
La normalisation de la gestion OSI décrite est loin d'être achevée.
Les éléments vont du document de travail (WD) à la norme internationale (IS).
La gestion OSI s'appuie sur les principes OSI de communication. Trois moyens d'échanges administratifs ont ainsi été fixés.

- la gestion système
- la gestion de couche (N)
- les opérations de couche (N)

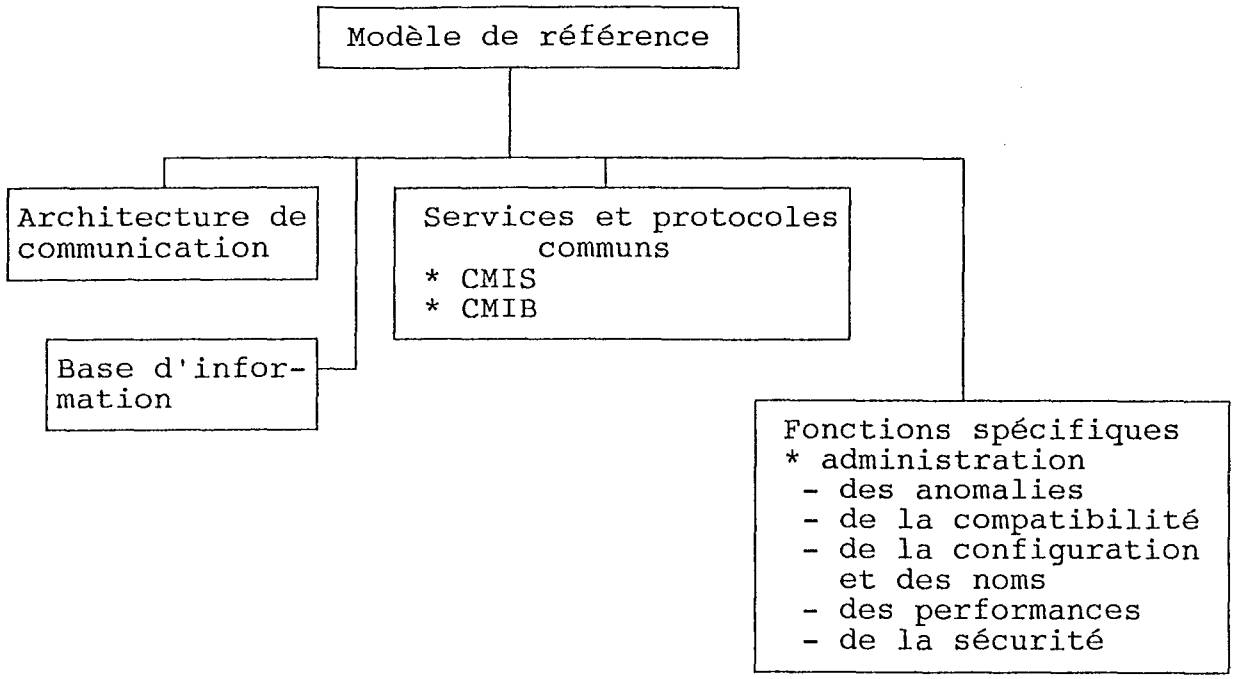


figure 3 : Les différents composants d'administration de réseau en cours de normalisation [EST.89]

III.4.2.1 La gestion système

Elle détermine le mode conseillé de transfert des données de gestion au niveau de la couche 7 de l'OSI. Elle offre des services de surveillance, de coordination et de contrôle des ressources. Les échanges se font dans des entités particulières nommées **SMAE** (Système Management Application Entity).

III.4.2.2 La gestion de couche (N)

Seules les entités de gestion de la couche (N) observée sont supervisées lors des échanges. Elles permettent l'observation et le suivi du fonctionnement d'une même couche OSI entre plusieurs éléments de communication. Un protocole de gestion assure la communication d'entités de gestion de couche (N).
Le **N**etwork **C**onnection **M**anagement Subprotocol (**NCMS**), additif 1 au protocole de la couche transport spécifie un sous-protocole de gestion de connexion réseau (ISO 8073/AD1).

III.4.2.3 Les opérations de couche (N)

Ces opérations dédiées à la gestion, s'appuient sur des entités du protocole de couche (N) classique de la communication OSI. Elles ne nécessitent donc pas de nouvelles spécifications liées à la gestion ce qui limitent leurs actions dans le temps.

Les échanges d'entité de gestion servent à la communication à distance de demandes d'informations de gestion et d'exécutions d'opérations. Ces opérations sont décrites dans cinq aires fonctionnelles ou **SMFA** (Specific Management Functionnal Area). Ce découpage, par thème, doit amener à des normes, plus précises, définissant les fonctions.

- La gestion des anomalies (Fault Management)

  Elle consiste à exploiter les fonctions signalant les erreurs, à les interpréter puis, si possible, à les corriger.

- La gestion d'informations comptables (Accounting Management)

  La maîtrise du réseau implique la connaissance de ses coûts d'exploitation. Son but consiste à décrire le coût comptable d'allocation d'un utilisateur. C'est à dire qu'elle détermine la tarification, les limites en charge, en prix pour tous les acomptes.

- La gestion de configuration (Configuration Management)

  Elle est la base des éléments de gestion pour les que stions de paramètrage du réseau (initialiser les stations,les tâches, suivre leurs états, s'apercevoir et réagir à leurs changements ...). Elle utilise des données qui servent à l'envoi de fonctions.

- La gestion des performances (Performance Management)

  Elle collecte les résultats statistiques qui permettent d'évaluer et de mesurer les performances des ressources OSI et de les optimiser. Elle fixe les limites comptables, les charges disponibles, les tarifs et le coût de consommation pour toutes les ressources facturables. Un journal contient les différents états pour lesquels passe un système ouvert.

- La gestion de sécurité (Security Management)

  Elle applique les politiques de sécurité par l'emploi de fonctions spécifiques s'y rapportant (création, contrôle, suppression, diffusion de messages de sécurité).

La base d'information de gestion au **MIB** (Management Information Base).

Elle regroupe toutes les informations de gestion accessibles par une fonction locale à distance. Il n'existe aucune contrainte de structure dans la norme sur les MIB à part la compréhension de chacun à sa propre définition.

III.4.2.4 Le service commun CMIS

(Commun Management Information Service).

Il décrit les moyens d'échanger les opérations de gestion. Le document ISO/CEI Dis 9595 donne 6 opérations :

- M-Get : Consultation d'informations, de gestion dans la MIB
- M-Set : Mise à jour " " "
- M-Create : Création " " "
- M-Delete : Destruction " " "
- M-Event-Report : rapport d'évenements " "

III.4.2.5 Le protocole commun CMIP

(Commun Management Information Protocole).

Le service CMIS étant défini, il a fallu fournir les moyens OSI d'échange entre utilisateurs du service **CMIS**. C'est le protocole **CMIP**, norme ISO 9596. Le protocole est de type question-réponse asynchrone. C'est pourquoi, il utilise les services de l'**ASE** (Application Service Element) qui supporte **ROSE** (Remote Operation Service Element) pour les échanges entre deux sites distants.

CMIS et **CMIP** sont des projets de norme internationale (DIS).

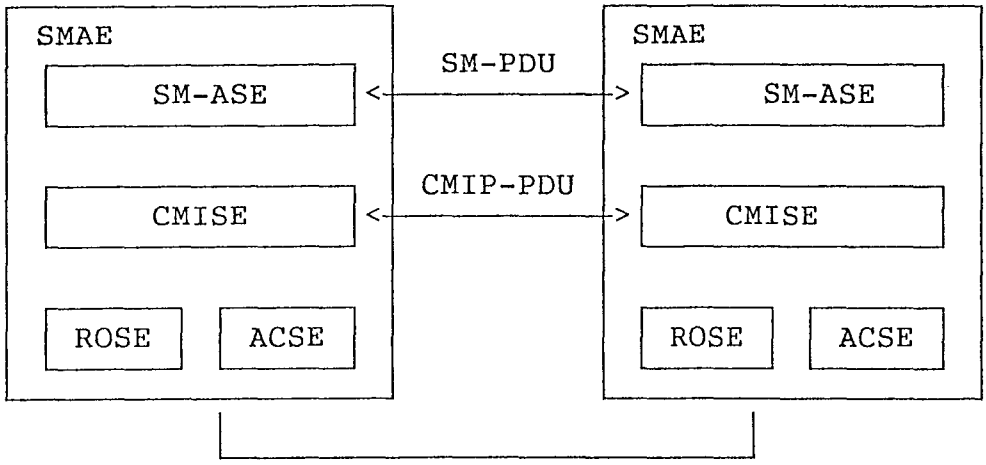


figure 4 :Echanges entre 2 SMAE.[BOU(1).89]

L'échange entre 2 SMAE peut se faire à 2 niveaux : soit, via l'élément de service CMISE, soit à un niveau particulier, par l'intermédiaire de l'élément de service, SM-ASE (Service Management-ASE), qui utilise les services offerts par CMISE.

III.5 L'administration et l'observateur de réseau VOLUBILIS

III.5.1 L'administration d'un réseau VOLUBILIS

Un réseau à base de macrocomposant MVBS, est, par définition du produit, un réseau simple à mettre en place et à entretenir. La pose du câble n'a pas besoin de spécialistes, il résiste bien aux parasites. Sa maintenance est adaptée aux services d'entretien et n'occupe jamais une personne à temps complet.
Sa longueur est, en général, "élevée" (800 à 1000 mètres) mais le nombre de points de connection sur le médium n'est pas très important, de l'ordre d'une dizaine de communicateurs.
C'est un bus en type maître-maître. Toutes les opérations impliquant les communicateurs sur le médium sont quasi immédiates (configuration, adjonction d'une station sur le bus).
L'analyseur de réseau VOLUBILIS est, de ce fait, un outil destiné aux fonctions de maintenance et de développement qui n'a aucune vélléité de gestion comptable (financière), de gestion de sécurité ou de gestion de configuration (les stations sont indépendantes).
Cependant l'administration du réseau VOLUBILIS est incluse dans tous les macrocomposants standards pour indiquer l'état de fonctionnement de celui-ci.

III.5.1.1 Les fonctions d'administration des MVBS standards

Les macrocomposants possèdent 2 services pour l'administration de réseau, déjà vus dans l'étude de la sous-couche LLC du MVBS.

- le service **diagnostic**

  Le service **diagnostic** (II.5.8.1) n'est utilisable qu'au démarrage. IL interroge le MVBS sur la qualité de ses constituants internes (RAM, ROM, horloges) et des signaux gérant l'accès au réseau (BUSY, RCE, COLH, TXVAL...). La valeur du compte-rendu renseigne sur les capacités du MVBS à fonctionner.

Exemple :

Le compte-rendu de diagnostic "erreur BUSY" signifie que le MVBS ne peut pas accéder au médium. L'utilisateur doit alors revoir sa connectique, mais il y a de fortes chances que son câble de raccordement au réseau soit débranché.
Le compte-rendu de diagnostic "erreur RCE" (collision "SOFT") signifie que le MVBS ne peut pas accéder au médium. L'utilisateur doit alors revoir son câblage. Il y a de fortes chances que les fils de son câble soient croisés ou coupés (la polarisation n'est pas respectée).

- le service **état des compteurs de MVBS**

Ce service est une interrogation des compteurs du MVBS. Chaque station peut connaître certaines mesures des sous-couches MAC et LLC (II.5.8.7) : les compteurs collisions et les valeurs des acquittements réseau spécifiques.

III.5.2 L'analyseur de réseau VOLUBILIS

L'analyseur de réseau VOLUBILIS est l'outil d'analyse du bus de communication VOLUBILIS, à base de macrocomposants MVBS, qu'ils soient implémentés dans des communicateurs de COMPEX ou de clients.

Il est orienté plus spécialement couche liaison du réseau VOLUBILIS.

L'analyseur VOLUBILIS se situe au niveau d'outil de développeur d'application, et de maintenance, pour la visualisation, en temps réel et différé, de statistiques et de trames circulant sur le réseau.

Dans le cadre des produits de COMPEX, une extension au protocole LAC a été créée.

III.5.3 Les principales fonctions de l'observateur VOLUBILIS

L'analyseur de réseau VOLUBILIS a 4 modes principaux d'observation et 3 outils :[ANA.88]

- **L'enregistrement des trames échangées** (ou TRACING)
- **L'horodatage des trames** (ou TIMING)
- **Le comptage des trames et des charges**
- **L'inventaire des stations présentes** sur le réseau

Les 3 utilitaires sont :

- La configuration des paramètres
- La visualisation des paramètres
- L'analyse différée

III.5.3.1 Présentation matérielle et structure de l'analyseur

L'analyseur de réseau VOLUBILIS est un élément standard, il utilise les communicateurs habituels du réseau. Sa structure est identique aux communicateurs du réseau LAC2.

III.5.3.1.1 Le support matériel

Pour répondre à une standardisation de fait du marché, l'analyseur de réseau VOLUBILIS est une carte "IBB" à insérer sur un bus d'ordinateur de type IBM PC ou AT pourvu de micro-logiciels spécifiques lancés sous le système d'exploitation MS-DOS.
La matériel est une carte au format LAC2 dont seuls les logiciels ont été modifiés.

III.5.3.1.2 La structure de l'analyseur

L'ensemble analyseur de réseau VOLUBILIS travaille avec 3 microprocesseurs qui ont chacun une tâche spécifique :

- le 80C452 sur le macrocomposant MVBS
- le 6809 sur la carte "IBB"
- le 8088 ou 80xxx dans le PC

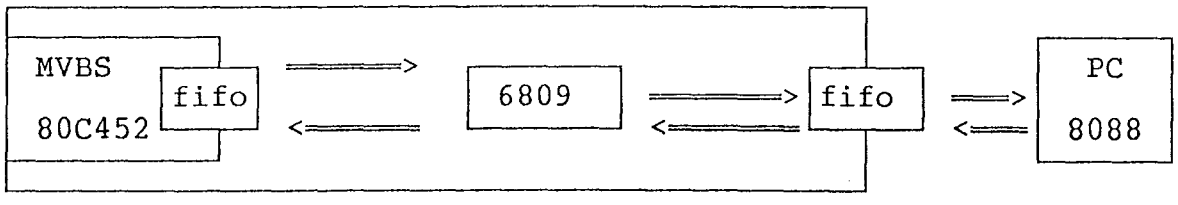


figure 5 : schéma fonctionnel de l'analyseur VOLUBILIS

Le logiciel du PC hôte

Ce logiciel est la face "publique" de l'analyseur.
Il gère l'interface avec l'utilisateur pour toutes les opérations de saisie, de configuration des paramètres et d'affichages des données. Il présente les résultats de l'analyse sous forme de tableaux et dialogue avec l'utilisateur par l'intermédiaire de menus. Il s'occupe du stockage et du formatage des données et des paramètres sur disque ainsi que de l'analyse différée des mesures enregistrées.
Toute modification particulière, à une application, à un mode de présentation peut se traiter à ce niveau. Une étude a été faite pour BULL ANGERS sur un analyseur avec un macrocomposant MLAC, semblable à la version analyseur du MVBS. La visualisation des résultats a été remplacée par un logiciel spécialisé à cette application. Il possède en mémoire le modèle de comportement de tous les échanges entre entités applicatives. Si une anomalie survient, le modèle sort de sa séquence "automate" et avertit le système expert pour prendre une décision appropriée à l'erreur. Pour cette application sophistiquée, l'aide d'un système expert placé derrière l'analyseur permet d'alerter plus rapidement et ainsi de prévenir et d'éviter les pannes paralysantes.

Le logiciel de la carte IBB

Le 6809 prélève les données dans le fifo du MVBS, les traite puis les met dans le fifo de la carte PC. Son rôle est de d'envoyer des données "prêtes à l'emploi" au logiciel du PC. Ces données sont de 2 natures : des statistiques de charge réseau et des mesures affichables.

Les statistiques de charge réseau n'existent que dans 2 modes.

Elles sont calculées chaque seconde, après réception de la trame de charge (voir III.5.4.6). Les valeurs sont converties en un pourcentage sur la seconde puis elles sont lissées pour obtenir une moyenne sur la dernière minute, la dernière heure et depuis le début de fonctionnement de l'analyse.

Les mesures affichables sont le résultat de la conversion des valeurs hexidécimales en valeurs en code ASCII directement affichables à l'écran du PC.

Le logiciel du macro composant MVBS

Le macrocomposant, avec un micrologiciel spécial à l'analyseur, doit traiter caractère par caractère les trames circulant sur le réseau. L'ensemble de son travail est la surveillance de l'activité, le filtrage des adresses, des fonctions, la détermination des trames de déclenchement, le calcul des durées des trames, l'émission des demandes d'état.

III.5.3.1.3 Les champs d'observation des trames VOLUBILIS

Tous les champs et tous les sous-champs des trames VOLUBILIS ne sont pas analysables. L'interêt se porte sur les adresses (source ou destinataire), sur les fonctions (fonction de la trame de données ou valeur de l'acquittement de la trame d'acquittement) et sur le type.

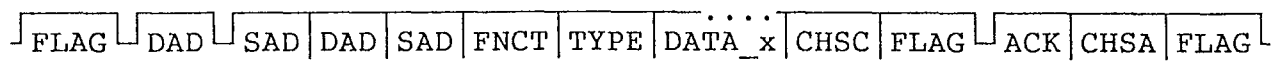


figure 6 : format d'un échange VOLUBILIS en point à point

5 champs sont caractéristiques pour l'analyseur :

- DAD : champ adresse destinataire
- SAD : champ adresse source

- FNCT : champ fonction MAC
  * REP : bit répétition
  * FCT : fonction émise
    000 : fonction de données
    001 : fonction de resynchronisation
  * NR : non analysé
  * TAILLE: non analysé

- TYPE : champ type couche VOLUBILIS

- ACK : champ acquittement
  * REPA : bit répétition
  * ACQ : valeur acquittement
    000 = acquittement positif
    001 = acquittement négatif "pas de blocs disponibles"
    010 = acquittement négatif "erreur de numérotation"
    011, 100, 101, 110 = valeurs inutilisées
    111 = acquittement négatif "erreur de TYPE"
  * NR : non analysé

Une extension, au protocole LAC, a été créée pour analyser la fonction LAC qui est située dans le premier octet du champ de données.

Il faut dans ce cas sélectionner le TYPE LAC.

- DATA_0 = 1ère octet du champ DATA = fonction LAC

```
si le type observé est de type LAC alors
            l'analyseur VBS observe la fonction LAC = DATA_0
```

III.5.4 Les options

III.5.4.1 L'option filtrage d'adresses

Les adresses filtrées sont les adresses destinataires DAD ou sources SAD. Les filtres sur les adresses admettent soit toutes les adresses, soit un nombre limité (jusqu'à 7 adresses maximum) d'adresses filtrées.

Entre elles 2 types de corrélation peuvent s'établir : **DIALOGUE**, **INDEPENDANT**.

* le mode **INDEPENDANT** : il faut avoir au moins l'une des 2 adresses selectionnées.
* le mode **DIALOGUE** : il faut avoir les 2 adresses selectionnées.

L'adresse **ZERO**, synonyme de diffusion est considérée par l'analyseur comme une adresse quelconque sur le réseau.

Exemple :

Observer uniquement les diffusions de l'adresse 01 revient à sélectionner :

adresses	mode
00 01	DIALOGUE

III.5.4.2 L'option filtrage de fonctions

Le filtrage des fonctions dépend du TYPE initialisé :

* les fonctions et les acquittements pour les types NON LAC.
* les fonctions LAC (DATA_0) uniquement pour le type LAC.

Les fonctions ou les acquittements existent en transmission et en réception. La notion de fonction en transmission ou en réception dépend des valeurs des adresses DAD et SAD.

En transmission, les filtres sur les fonctions admettent soit toutes les fonctions, soit un nombre limité (jusqu'à 7 inclus) de fonctions filtrées. Idem pour les fonctions en réception.

Les fonctions filtrées sont les fonctions affichées.

Exemple :

filtres sur les fonctions	
en TRANSMISSION	en RECEPTION
fonction de données VBS acquittement VBS positif répété	- acquittement VBS positif - fonction données répétées VBS - acquittement VBS négatif "plus de blocs disponibles" - acquittement VBS négatif répété "plus de blocs disponibles"

III.5.4.3 L'option "trigger"

L'analyseur VOLUBILIS dispose d'une possibilité de déclenchement ou "trigger" sur les trames circulant sur le réseau dans 2 modes, l'enregistrement des trames (ou TRACING) et l'horodatage des trames (ou TIMING)

Ces triggers sont au nombre maximum de 8 :

4 triggers de début et 4 triggers de fin.

Ils sont enchainés les uns aux autres de manière séquentielle. La réalisation du quatrième trigger de début active le premier trigger de fin.

Le nombre de triggers défini peut varier de 0 à 8.

Exemple :

- zéro trigger de début et zéro trigger de fin
- zéro trigger de début et 4 triggers de fin
- un trigger de début et zéro trigger de fin
- 4 triggers de début et 4 triggers de fin

Durant le trigger de début, l'analyseur traite les trames du réseau mais ne transmet rien au 6809. Il attend la réalisation complète du trigger de début (nombre de trigger de début et nombre d'occurrences associées nuls) pour débuter l'émission des trames demandées vers le 6809.

Le trigger de fin est seulement un marquage qui suit l'enregistrement de la trame répondant à ses conditions. Ce marquage est une trame spécifique.

nb trigger début (0-4)
nb occurrences trame d1 15 masques/valeurs trame d1
nb occurrences trame d2 15 masques/valeurs trame d2
nb occurrences trame d3 15 masques/valeurs trame d3
nb occurrences trame d4 15 masques/valeurs trame d4

nb trigger fin (0-4)
nb occurrences trame f1 15 masques/valeurs trame f1
nb occurrences trame f2 15 masques/valeurs trame f2
nb occurrences trame f3 15 masques/valeurs trame f3
nb occurrences trame f4 15 masques/valeurs trame f4

figure 7 : Séquencement des triggers de VOLUBILIS

Un trigger se décompose en 2 parties, le **nombre d'occurrence** et les **valeurs et masques** de la trame à observer.

- **le nombre d'occurrence** (sur 2 octets) est le nombre d'itération de la trame observée (de 0 à 65535 itérations possibles).

  Par exemple, le trigger de début est sur la 2000 ième trame dont le destinataire DAD vaut 1.

- **Les valeurs de la trame à observer** sont définies sur les 15 premiers octets de la trame.

  * les 5 octets d'entête DAD, SAD, FNCT (2 octets) et TYPE
  * les 10 premiers octets de données

Pour juger une itération correcte, il faut que tous les éléments de la trame soient justes (nombre d'octets de trame exact, pas d'erreurs de parité, pas d'erreurs de checksum).
La valeur, par défaut, des champs du trigger (Masque, Valeur) est égale à (zéro, zéro).

masque DAD	valeur DAD
masque SAD	valeur SAD
masque FCT1	valeur FCT1
masque FCT2	valeur FCT2
masque TYPE	valeur TYPE

masque DATA_0	valeur DATA_0
masque DATA_1	valeur DATA_1
masque DATA_2	valeur DATA_2
masque DATA_3	valeur DATA_3
masque DATA_4	valeur DATA_4
masque DATA_5	valeur DATA_5
masque DATA_6	valeur DATA_6
masque DATA_7	valeur DATA_7
masque DATA_8	valeur DATA_8
masque DATA_9	valeur DATA_9

figure 8 : tableau des 15 premiers octets de la trame utilisés pour le "trigger"

Sur chacun des 15 premiers octets, il existe un couple, une valeur associée à un masque.
L'opération effectuée sur chaque caractère du trigger est :

Valeur lue sur réseau **ET LOGIQUE** "Masque trigger"
COMPARER A
"Valeur trigger"

Exemple :

Pour obtenir un trigger sur une adresse destinataire **paire**, il faut

Masque DAD	01
Valeur DAD	00

Les autres valeurs (Masque, Valeur) sont égales à (00,00)

Cas particuliers :

1 - NR et NRA sont les champs interdits pour les triggers :
Il est interdit de définir un trigger sur la numérotation des trames VOLUBILIS.

Les 3 bits de numérotation (NR et NRA) sont réservées à l'usage de l'analyseur.

2 - Une extension à la trame acquittement
Le trigger peut être mis sur la valeur ACK de l'acquittement (sauf sa numérotation NRA).
Dans ce cas, le trigger ne possède que 3 champs : DAD, SAD et ACK.

Exemple :

Un trigger de fin sur la 3ème itération d'une trame quelconque avec un acquittement ACK= répétition, pas de blocs disponibles
nombre d'occurrence = 03

DAD	SAD	FNCT
(00,00)	(00,00)	(F1,90) (00,00)

Les autres valeurs (Masque, Valeur) sont égales à (00,00)

III.5.4.4 L'option stockage sur disque

Tous les enregistrements de trames circulant sur le réseau sont visualisés sur l'écran du PC. Elles peuvent être également stockées sur disques durs ou disquettes au fur et à mesure de l'enregistrement.
Le disque est considéré comme une mémoire ("buffer") tournante pour éviter sa saturation.
Des arrêts d'enregistrement sur des conditions du disque sont prévus : mémoire disque allouée pleine, espace disque plein.

Le facteur primordial en performances, pour les stockages sur disque, est la vitesse de l'ordinateur PC qui fixe la charge maximale admissible du réseau pour ne pas occasionner de perte de trames. Il est illusoire de vouloir enregistrer 70% de charge maximale théorique du réseau. La nécessité de l'usage des filtres est obligatoire.

Les fichiers de stockage sont prévus pour une analyse supplémentaire par des logiciels de base de données (DBASE III).

III.5.4.5 L'option démarrage et arrêt après un évènement temporel

L'enregistrement des 4 modes peut démarrer et s'arrêter suivant un **délai** soit **relatif**, soit **absolu** (dans ce cas, le PC doit avoir une horloge interne).

Cette option peut être combinée avec l'option trigger précèdente.

Exemple :

- arrêt de l'enregistrement 10 minutes après le trigger de fin
- démarrage du mode inventaire des stations du réseau à 10 heures 0 minutes et 30 secondes.

III.5.4.6 Les statistisques de charge du réseau

Les statistisques de charge du réseau sont employés dans les 2 modes suivant : le comptage et l'enregistrement des trames échangées.

Le calcul statistique de la charge réseau est prévu pour une visualisation **seconde par seconde** afin de suivre l'évolution de la charge réseau et des collisions.

La charge réseau est divisée en 3 mesures. Ces durées sont mesurées entre la montée et sa descente du BUSY au borne de l'analyseur.

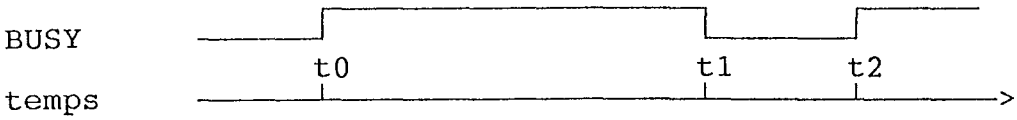


figure 9 : durée d'occupation d'une trame

La durée d'une trame est égale à T0 = t1-t0
(BUSY matérialise l'occupation du réseau)

- La charge **totale** vue sur le réseau est l'addition de toutes les durées du signal BUSY monté.
- La charge **filtrée à tracer** vue sur le réseau correspond à l'addition de toutes les trames dont les adresses et les fonctions ont été sélectionnées par leurs filtres respectifs.
- Le nombre et la charge des **collisions** vue sur le réseau correspond à l'addition de toutes les trames avortées, en nombre et en temps.

Une collision pour l'analyseur de réseau est une trame incomplète sur le réseau qui comprend au maximum les caractères d'entête (de FLAG à TYPE).

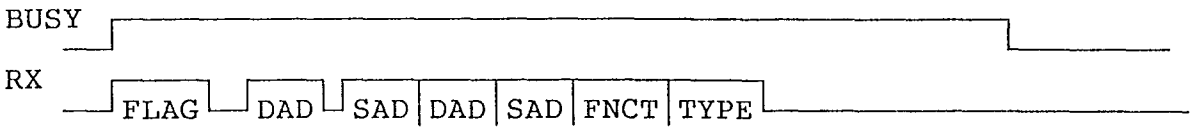


figure 10 : format d'une trame dite "en collision"

III.5.5 LE MODE : Enregistrement des trames échangées (TRACING)

L'enregistrement des trames échangées comprend 2 fonctionnalités importantes :

* affichage de trames filtrées.
* affichage du temps écoulé depuis le début de l'enregistrement
* affichage du nombre de collisions
* affichage de la charge instantanée sur la denière seconde
* calcul statistique de la charge réseau.
* il possède en plus les options :

    - filtrage des adresses et des fonctions
    - trigger
    - stockage sur disque
    - démarrage-arrêt après une évènement temporel

L'affichage visualise à l'écran le contenu des trames circulant sur le réseau.

Il indique, en plus, dans un octet de STATUS, la qualité des transmissions et de l'acquittement couche liaison.

Les différentes valeurs du STATUS sont :

- trame échangée correcte
- pas acquittement VOLUBILIS
- erreur de checksum sur bloc de données
- erreur de checksum sur bloc d'acquittement
- valeurs négatifs l'acquittement.

    * pas blocs (répété ou non)
    * erreur de numérotation (répété ou non)
    * erreur de TYPE (répété ou non)

5 types de trames sont connus, les trames de données, les trames d'acquittement, les trames de charges, la trame trigger de fin et les trames de nombre de blocs perdus.

* **Les trames de données** : comprend l'entête du bloc et le champ de données.
  DAD, SAD, FNCT (2 octets), TYPE, DATA (0 à 511 octets) et STATUS

* **Les trames d'acquittement** : comprend l'entête du bloc et l'acquittement.
  DAD, SAD, FNCT (2 octets), TYPE, ACK et STATUS

* **Les trames de charges** : comprend 4 champs, nbre collisions, charge collision, charge filtrée, charge totale.

* **Les trames trigger de fin** trouvé est la plus petite des trames. elle ne sert que d'indicateur.

* **Les trames de nombre de blocs perdus**
  Le macrocomposant MVBS, dans le mode enregistrement de trames, comptabilise le nombre de trames perdues (sur 2 octets) dû essentiellement à la vitesse trop lente de la visualisation sur le PC. L'usage des filtres (adresses et fonctions) est préconisé pour éviter ses cas.

Ce mode ne vérifie pas l'exactitude des parités des octets transmis mais recalcule seulement les octets de contrôle CHSC et CHSA de la trame.

- **Domaine d'utilisation**

  L'enregistrement de trames (ou TRACING) est le mode le plus employé de l'analyseur VOLUBILIS car il permet de manière générale d'observer le médium. Le développeur l'emploie pour vérifier la cohérence de son interfaçage, voir le séquencement des messages applicatifs, voir comment l'application réagit à la charge.

  La maintenance vérifie la qualité de la transmission (par le STATUS), l'évolution de la charge instantané et du nombre de collisions.

  - La répétition généralisée d'un STATUS "erreur de numérotation" est synonyme de la présence de 2 stations ayant la même adresse physique sur le réseau.

  - L'incrémentation du nombre des collisions est synonyme soit d'un problème matériel lié à la polarisation du médium (il faut revoir la connectique), soit d'un problème logiciel d'interfaçage du MVBS (la station n'est pas déclarée, le TYPE émis ne correspond pas au TYPE initialisé).

III.5.6 LE MODE : Horodatage des trames sur le réseau (TIMING)

L'horodatage est le mode le plus proche de l'interface physique.

Il permet de suivre, caractère par caractère, les émissions sur le réseau.

Il donne, pour chaque caractère du réseau, sa valeur (8 bits) et sa parité (1 bit). La transmission sur VOLUBILIS se fait avec une parité impaire.

Le caractère FLAG vaut : ZERO, parité nulle.
Le caractère ZERO vaut : ZERO, parité un.

En plus, il donne l'heure de montée et de chute du signal BUSY. La référence de cet horloge, le temps 0, est fixé sur la première trame enregistrée.

L'horodatage des trames comprend 3 fonctionnalités importantes :

* heure de montée du signal BUSY
* heure de chute du signal BUSY
* trame réseau donnée par les caractères et leurs parités
* il possède en plus les options :

  - trigger
  - stockage sur disque
  - démarrage-arrêt après une évènement temporel

Il n'existe aucune donnée sur la qualité de transmission, aucun marquage pour signaler le nombre de trames perdues.

4 types de trames sont connus, les trames montée du BUSY, les trames chute de BUSY, les trames de données et la trame trigger de fin.

* **Les trames montée du BUSY et chute de BUSY** ont le même format sur 4 octets. Elles donnent, en unité de 2 millisecondes, une heure référencée par rapport au début de l'affichage à l'écran (trigger début réalisé) ou de l'enregistrement.
  La mesure est relevé sur le signal BUSY du MVBS de l'analyseur.



figure 11 : différents temps du réseau

avec t0 : valeur initiale, début de l'enregistrement
t1,t3 : heure de montée du signal BUSY
t2 : heure de chute du signal BUSY

* **Les trames de données** sont une suite de caractères et de leurs parités, aucun champ n'est identifié.

* **La trame trigger de fin** trouvé est un indicateur identique au mode "enregistrement des trames échangées".

- **Domaine d'utilisation**

  L'utilisation évidente de l'horodatage des trames est l'observation physique, au point de connexion de l'analyseur, des trames du réseau et la surveillance de données correctes.

  Mais il permet aussi la mesure des temps du réseau : calcul de la durée entre 2 trames (t3-t2) ou la durée d'une trame (t2-t1). La connaissance des temps du réseau permet la déduction des temps de traitement de l'application suite à une sollicitation.

III.5.7 LE MODE : Comptage des blocs et des charges

Le mode comptage est le mode le plus simple. Il comptabilise **toutes les secondes** les compteurs et leurs charges correspondantes.

Un compteur est paramétré par la valeur de la station considérée (7 stations au maximum) et des fonctions en transmission (7 fonctions en TX au maximum) et en réception (7 fonctions en RX au maximum).

Une fonction est dite correcte si elle est juste (parité, longueur du bloc, octets de contrôle CHSC, CHSA) dans son bloc (la fonction dans les blocs de données, l'acquittement dans les blocs d'acquittement).

Les charges correspondantes sont les durées d'occupation du réseau par les blocs dits en collisions, les blocs filtrés à tracer et l'ensemble des blocs.

Le comptage des trames échangées comprend 2 fonctionnalités importantes :

* affichage des compteurs de trames filtrées.
* affichage du temps écoulé depuis le début de l'enregistrement
* calcul statistique de la charge réseau.
* il possède en plus les options :

  - filtrage des adresses et des fonctions
  - trigger
  - stockage sur disque
  - démarrage-arrêt après une évènement temporel

Un seul type de trame est connu. Il regroupe l'ensemble de tous les compteurs en transmission et en réception en fonction des adresses choisies suivi par les statistiques de charge sur la seconde écoulé.

- **Domaine d'utilisation**

  Le mode comptage sert surtout à l'évaluation des performances d'une application, en nombre de trames émises et en charge réseau associée.

  Il permet aussi la comparaison entre plusieurs applications par des mesures sous différentes contraintes. C'est ce mode qui nous utiliserons pour les tests de charges et d'évaluation du réseau VOLUBILIS.

III.5.8 LE MODE : Inventaire des stations présentes sur le réseau

L'inventaire des stations du réseau est une interrogation générale à toutes les stations du réseau afin de connaitre qu'elles sont les stations présentes sur le médium.

L'analyseur émet aux 252 adresses disponibles une trame qui dépend du TYPE initialisé. C'est le seul mode où l'analyseur peut émettre sur le câble. S'il reçoit plusieurs réponses d'un même station, elles seront toutes affichées.

L'inventaire ne comprend qu'une fonctionnalité :

* affichage des stations présentes sur le réseau
* il possède en plus les options :

    - stockage sur disque
    - démarrage-arrêt après une évènement temporel

Il indique en plus, dans un octet de STATUS, la qualité des transmissions et de l'acquittement couche liaison.

Les différentes valeurs du STATUS sont :

- acquittement correct, la station est présente.
- pas d'acquittement VOLUBILIS, la station n'existe pas sur le médium
- valeurs négatives de l'acquittement, la station est présente mais la couche liaison observe une erreur.

    * pas blocs disponibles (répété ou non)
    * erreur de numérotation (répété ou non)
    * erreur de TYPE (répété ou non)
    * pas de connexion au support, le MVBS ne peut pas accéder au support physique, les trames émises sont en collision permanente (cas coupure de câble).

III.5.8.1 Pour tous les types sauf TYPE LAC

L'inventaire des stations du réseau, pour tous les types hormis le TYPE LAC, est une émission d'un bloc de commande avec une fonction de resynchronisation.

La présence et la valeur du bloc d'acquittement nous indique si la station est présente sur le médium et la valeur de son acquittement couche liaison.

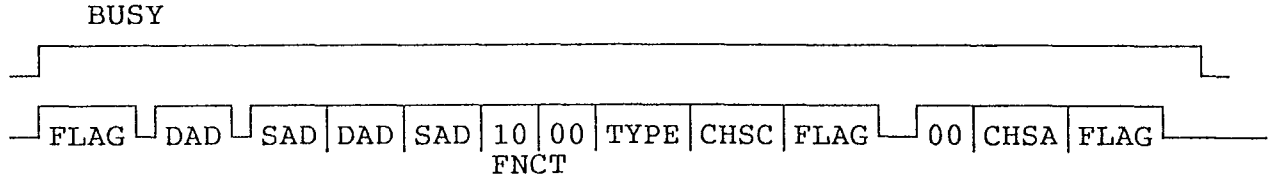


figure 12 : format d'une émission d'un bloc de resynchronisation avec un acquittement positif

III.5.8.2 Pour un TYPE LAC

L'inventaire des stations, pour un TYPE LAC, utilise les spécificités du protocole LAC.

C'est pourquoi, le macrocomposant MVBS envoie une **demande d'état LAC** (fonction LAC : 04). Et il attend une réponse LAC par la réception d'une trame **fonction LAC état destinataire** (fonction : 1A) suivi d'un champ de données de 3 octets (CT10, CT11, CT2) qui caractérisent l'état de la station réceptrice.

avec CT10 :

* bit 0 : liaison équipement impossible
* bit 1 : station réservée
* bit 2 : buffers LAC vers buffers équipement pleins
* bit 3 : buffers équipement vers buffers LAC pleins
* bit 4 : aucun transfert communicateur LAC vers station
* bit 5 : aucun transfert station vers communicateur LAC

avec CT11 :

* code modèle du communicateur

avec CT2 :

* adresse station qui réserve

Les différentes valeurs du STATUS sont les mêmes que pour les autres TYPES auquels s'ajoute :

- acquittement VOLUBILIS mais pas de compte-rendu LAC.
- acquittement VOLUBILIS et compte-rendu LAC.

Dans le cas d'acquittement négatif "pas blocs disponibles" ou "acquittement VOLUBILIS mais pas de compte-rendu LAC", le macrocomposant MVBS repète 4 fois l'émission de la "demande d'état LAC" toutes les 3 secondes.

Si les stations répondent positivement, le MVBS les conserve et abandonne leurs répétitions. Sinon, après 15 secondes, les compte-rendus toujours négatifs sont affichés.

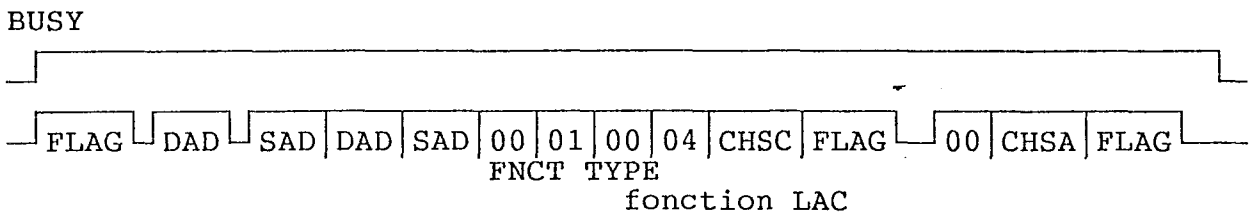


figure 13 : format d'une trame "demande d'état LAC" avec un acquittement VBS positif

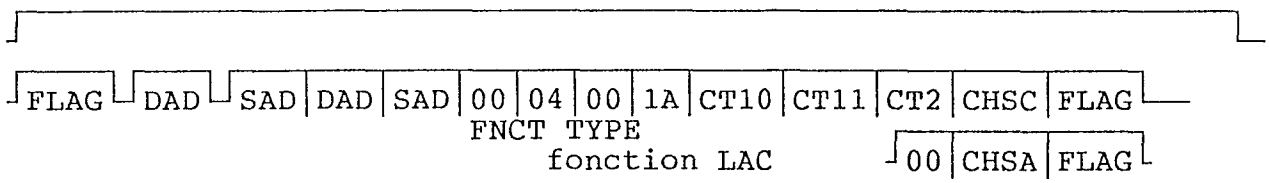


figure 14 : format d'une trame "réponse demande d'état LAC" avec un acquittement positif

- **Domaine d'utilisation**

  L'inventaire permet de savoir qu'elles sont les stations présentes sur le réseau et quel est leur état, couche liaison VOLUBILIS. Dans le cas de réseau étendu, 1 kilomètre par exemple, il permet de situer quelle station ne répond plus du poste de l'administrateur.

III.5.9 Les utilitaires

L'analyseur VOLUBILIS possède des utilitaires de configuration et d'analyse des résultats d'enregistrement.

III.5.9.1 La configuration des paramètres d'analyse

La configuration des paramètres est une suite de menus chaînés permettant de déterminer les différentes options utiles à la séquence d'analyse.

Son rôle est aussi la vérification des paramètres entrés.

Par exemple, les adresses des 4 sous-réseaux sont interdites (0, 40, 80, C0 en héxadécimal).

III.5.9.2 La visualisation des paramètres d'analyse

La visualisation des paramètres du fichier d'analyse est la suite des paramètres de configuration de l'analyseur recherchés soit en mémoire du PC soit dans un fichier préexistant.

III.5.9.3 L'analyse différée

L'analyse différée est un morceau de choix de l'analyseur, car elle permet une analyse, hors ligne, d'un enregistrement effectué. ElIe ne peut être utilisée bien sûr que si l'analyseur a fait au préalable une sauvegarde d'un enregistrement dans un fichier d'analyse.

L'analyse différée existe pour les 4 modes, enregistrement de trames, horodatage, comptage et inventaire.

Elle dispose de l'affichage sur écran ou sur papier d'une imprimante.

L'affichage de l'analyse différée possède des filtres indépendants des filtres sélectionnés à l'enregistrement.

IV EVALUATION DES PERFORMANCES

IV.1 Introduction

IV.2 Petites théories de l'évaluation
  IV.2.1 Les mesures
  IV.2.2 Deux grandeurs caractéristiques des réseaux
    IV.2.2.1 La grandeur a
    IV.2.2.2 La grandeur U
    IV.2.2.3 Application à VOLUBILIS
  IV.2.3 Les éléments affectant la charge réseau
    IV.2.3.1 Application : les éléments du communicateur LAC2

IV.3 L'évaluation de VOLUBILIS/LAC2 et les éléments du test
  IV.3.1 Les questions qui se posent sur VOLUBILIS
  IV.3.2 La plate-forme d'évaluation des performances
  IV.3.3 La valeur théorique de charge maximale de VOLUBILIS
  IV.3.4 Les outils de mesure de VOLUBILIS/LAC2
    IV.3.4.1 Le simulateur de charge réseau LAC2
    IV.3.4.1.1 Calcul de délai inter-trame du simulateur de charge
    IV.3.4.2 L'analyseur de réseau VOLUBILIS/LAC2
    IV.3.4.3 L'analyseur-désassembleur de code 6809

IV.4 Les tests de charges
  IV.4.1 Particularités des éléments de tests
    IV.4.1.1 Les émissions entre les communicateurs
    IV.4.1.2 Les délais inter-trames des "simulateur de charge"
    IV.4.1.3 Précisions sur les tableaux de mesures présentés
  IV.4.2 La charge réseau sur deux communicateurs
  IV.4.3 La charge de fond : sur huit communicateurs
  IV.4.4 Relevé des charges réseau sur dix communicateurs
  IV.4.5 Relevé des nombres de blocs émis sur dix communicateurs
  IV.4.6 Influence de la taille des données
    IV.4.6.1 Charges utiles et totales sur deux stations
    IV.4.6.2 Charges utiles et totales sur dix stations
    IV.4.6.3 Charges calculées par station pour les dix stations
  IV.4.7 Influence de la longueur du câble
    IV.4.7.1 Charges utiles et totales sur deux stations
    IV.4.7.2 Charges utiles et totales sur dix stations
    IV.4.7.3 Charges calculées par station pour les dix stations
  IV.4.8 Conclusion des tests de charges

IV.5 Mesures du délai d'émission d'un bloc
  IV.5.1 Plate-forme de mesures du délai
  IV.5.2 La mesure
    IV.5.2.1 Les durées d'une émission du MVBS
    IV.5.2.2 Les périodes d'occupation du support
  IV.5.3 Les mesures du délai d'émission des blocs de VOLUBILIS
    IV.5.3.1 Mesures avec deux stations
    IV.5.3.2 Mesures des blocs de données sur dix stations
    IV.5.3.3 Mesures des blocs d'acquittement sur dix stations

IV.6 Les collisions
  IV.6.1 Les collisions sur deux stations
  IV.6.2 Les collisions sur dix stations

IV.7 Conclusion de l'évaluation des performances

IV EVALUATION DES PERFORMANCES

IV.1 Introduction

Il existe autant d'évaluations de réseaux que d'auteurs. Les évaluations reflètent le nombre important de paramètres entrant dans la configuration d'un RLI et les vastes domaines d'utilisation (processus lents, application temps réel, transfert de fichiers [AFI.89], [FFS.89]).

Il n'existe pas de normes à ce sujet, l'ACERLI ayant toutefois développé des tests de conformité relatifs aux normes [ACE.89].

Les évaluations des performances d'une sous-couche MAC (CSMA/CD, token bus, token ring) débutent dès la conception de la sous-couche. L'analyse est suivie d'une simulation mathématique du modèle de comportement de la sous-couche MAC. Cette démarche est, par exemple, celle de l'INRIA pour son protocole MAC déterministe du projet SCORE [BIL.86], [ROL.87]. Le profil du modèle validé, l'étape suivante est sa réalisation pratique puis son évaluation finale.

La méthode d'accès réseau de VOLUBILIS provient d'une démarche empirique. L'évaluation de performances de VOLUBILIS est de réaliser a posteriori une confirmation de l'efficacité théorique de son accès réseau et de donner un idée générale du comportement du réseau VOLUBILIS.

Cette mesure est faite sur des communicateurs réels **LAC2**.

Elle est divisée en 3 étapes dépendantes, mesure des charges totales et utiles, mesure du délai d'émission du macrocomposant MVBS et évolution du nombre de collisions.

IV.2 Petites théories de l'évaluation

IV.2.1 Les mesures

Le problème d'une évaluation des performances est de définir les critères, les mesures à relever ainsi que les contraintes. Si l'on ne considère que les grandeurs impliquées dans l'accès au réseau, quatre mesures caractérisent un réseau. Ces valeurs communément admises sont :

D : La durée d'émission de la trame.
La durée, exprimée en (micro-)secondes, est comprise entre le moment où la trame est prête à être envoyée sur le médium et le moment où la transmission est effectivement terminée sur le médium.

U : La charge utile transmise sur le réseau.
U, exprimée en pourcentage, indique le taux des trames envoyées correctement par unité de temps.
Rappelons que l'information utile est uniquement la zone de données. L'entête, la fin de trame ne sont que le véhicule de transport. Par extension, la dénomination "utile" est donnée à toute trame émise correctement sur le réseau.

T : La charge totale transmise sur le réseau.
T, exprimée en pourcentage, est la somme de la charge utile **U** additionnée au taux des trames dues à la gestion du réseau (les trames répétées ou avortées dues aux collisions).
Dans le cas d'un fonctionnement idéal, **T** est égale à **U**.

A : La charge appliquée sur le réseau.
A, exprimée en pourcentage, est la somme de toutes les charges demandées à être émises par les stations.
Dans le cas d'un fonctionnement idéal, la charge utile **U** suit la même pente que la charge appliquée **A**.

De ces différentes mesures, la courbe suivante est déduite.

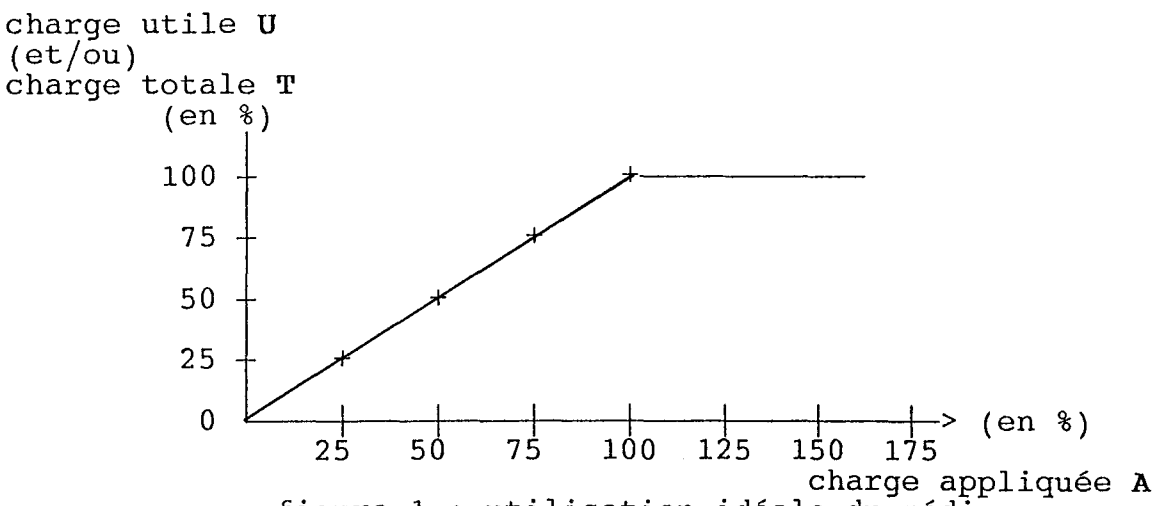


figure 1 : utilisation idéale du médium

IV.2.2 Deux grandeurs caractéristiques des réseaux

[STA.87] définit 2 grandeurs **a** et **U**, caractéristiques des réseaux (réseaux de longue distance, RL, bus de microprocesseur).

IV.2.2.1 La grandeur a

Les caractéristiques d'un réseau -local, longue distance, bus de microprocesseur- sont la longueur du médium, la vitesse de transmission et la taille des données émises.
Un réseau longue distance émet de très grands blocs de données à des vitesses lentes, un réseau local émet des blocs de données plus petits à des vitesses plus élevées.

[STA.87] définit donc :

$$a = \frac{R\ d}{V\ L} = \frac{\text{temps de propagation}}{\text{temps de transmission}}$$

R est la vitesse de transmission (en bits/seconde) du réseau.
d est la distance maximale du réseau.
V est la vitesse de propagation du signal dans le médium.
L est la longueur en bits des trames émises.

Le **temps de propagation** peut être considéré comme constant dans les RL, égal à deux tiers de la vitesse de la lumière (5 nanosecondes par mètre).

Le **temps de transmission** est la durée moyenne d'une émission de trame sur le réseau.

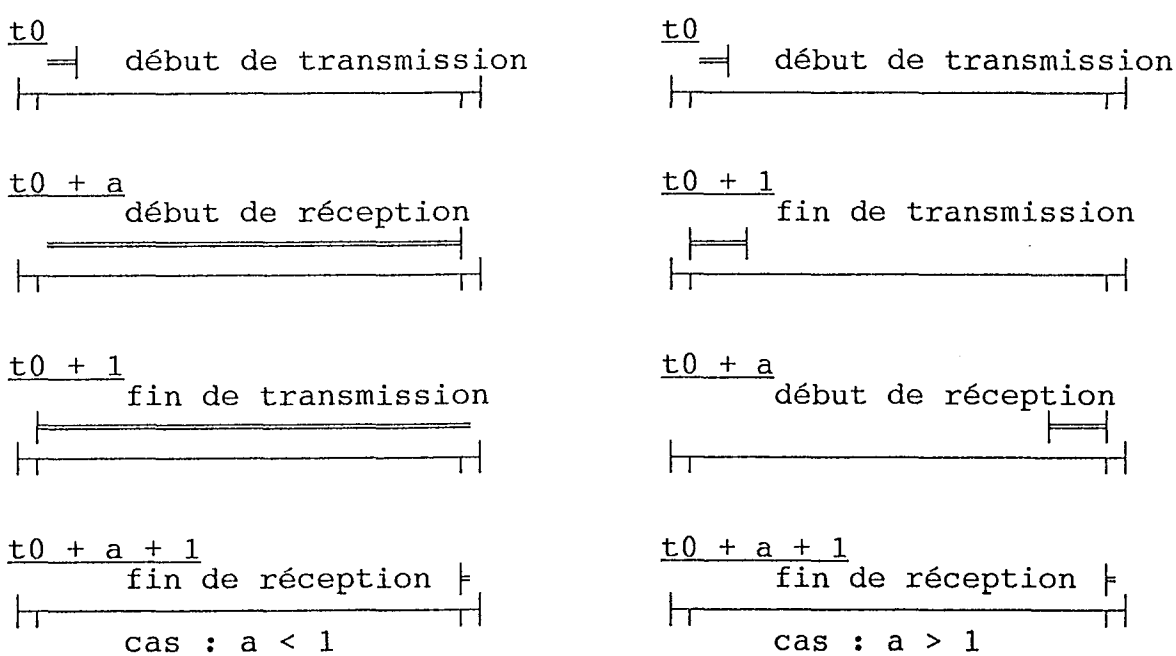


figure 2 : Emission sur le médium suivant la valeur de **a** [STA.87]

Pour les réseaux locaux, a est compris entre 0.01 et 0.1.
Pour les réseaux longues distances, a vaut de 0.01 à plus de 1.
Pour les protocoles d'accès CSMA/CD des RL qui nous intéressent, il est impératif que a soit inférieure à 1 sinon il existe une détérioration de l'information (cas des collisions) inacceptable pour un RLI.

IV.2.2.2 La grandeur U

La valeur **U** est la mesure d'efficacité du réseau. Elle est définie par :

$$U = \frac{1}{1 + a}$$

La valeur **U** exprime l'utilisation maximale admissible du réseau. Elle est le rapport de la traversée totale du réseau sur la capacité de la bande passante.
Plus la valeur **a** sera faible, plus grande sera l'efficacité **U**.

IV.2.2.3 Application à VOLUBILIS

Les caractéristiques de VOLUBILIS sont :

R = 250 000 bits par seconde
d = 1200 mètres
V = 200 000 000 mètres par seconde
L = 110 bits (10 octets)
(cas le plus défavorable:diffusion de fonction resynchronisation)

Le calcul pour VOLUBILIS donne :

a = 0.0136 et **U** = 0.9865

Pour VOLUBILIS, a est donc très inférieure à 1, **U** est proche de 1. Les valeurs des grandeurs théoriques augurent d'une bonne qualité de la transmission de VOLUBILIS.

IV.2.3 Les éléments affectant la charge réseau

Différents éléments contribuent à la charge totale T d'un réseau local. Les principales influences sont soit des valeurs fixées par le réseau, soit à déterminer.

- Le nombre de points de connexion ou de stations sur le médium.
- Le délai de propagation
- Les protocoles d'accès au support physique ou d'application. (les sous-couches MAC et LLC)
- La charge demandée par chacune des stations du réseau.
- La longueur des trames émises.
- La vitesse de transmission.
  Une durée de transmission réduite, par une vitesse élevée, diminue la charge totale du réseau et de ce fait éloigne le point de saturation du réseau.

IV.2.3.1 Application : les éléments du communicateur LAC2

Le bus VOLUBILIS fixe les paramètres, le délai de propagation et les protocoles d'émission.

Les tests effectués seront faits sur des communicateurs LAC2 à base de bus VOLUBILIS. Un communicateur est la somme de plusieurs délais constants ou variables.

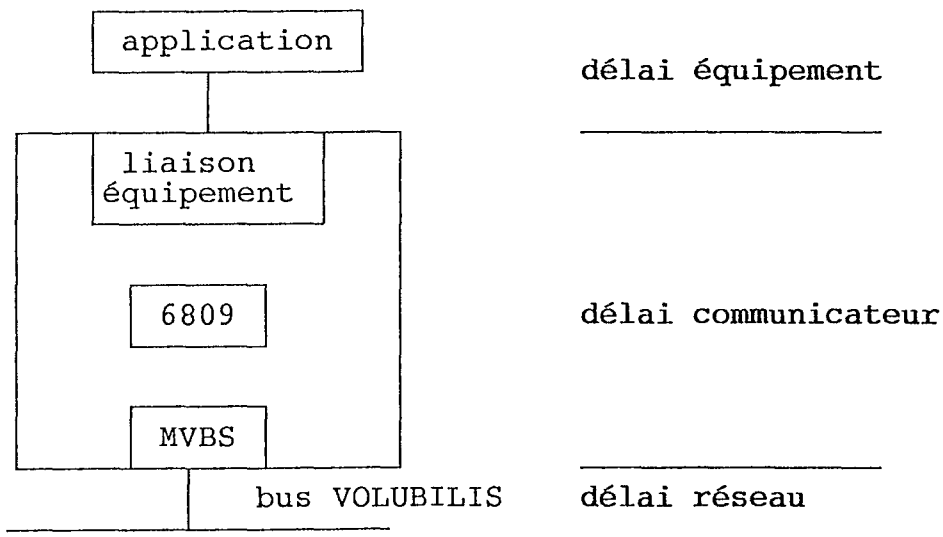


figure 3 : division temporelle du communicateur

Un communicateur peut se diviser en 3 parties ayant chacunes des temps de traversée.

- Le temps d'émission sur le réseau.
  Sa valeur dépend de plusieurs paramètres :
  * le délai pseudo-aléatoire d'accès au réseau
  * la longueur TAILLE du bloc de données
  * la valeur du bloc d'acquittement VOLUBILIS
    ("pas blocs","erreur numérotation")
  * le nombre de collisions matérielles et logicielles
  * la charge réseau et son comportement
    (périodique, semi-périodique, avalanche).
  * la qualité du câble, de la connectique, du milieu

- Le temps de traversée du communicateur.
  Le temps de traversée est une fonction du protocole LAC2 utilisé. Sa valeur n'est pas négligeable. Elle vaut de l'ordre de 4 à 10 millisecondes. Cette valeur augmente avec le nombre de trames qui transite par le communicateur.

- Le temps de traitement de l'équipement.
  Cette valeur varie avec le type d'équipement. Elle peut devenir relativement grande pour des liaisons séries à basse vitesse (300 bauds).

Pour ne prendre en compte que les délais du réseau, il faut minimiser les temps de traversée du communicateur et de traitement de l'équipement.

IV.3 L'évaluation de VOLUBILIS/LAC2 et les éléments du test

Les quatre caractéristiques, à relever pour l'évaluation, sont :

- **La charge totale T du réseau**

- **La charge utile U du réseau**
  Ces mesures permettent de connaitre le point de saturation du réseau.

- **La durée d'émission de la trame D**
  Cette mesure permet de connaitre le temps que prendra le macrocomposant pour émettre un bloc de données sur le réseau.

- **Le nombre de collisions**

IV.3.1 Les questions qui se posent sur VOLUBILIS

Plusieurs hypothèses sont à la base de VOLUBILIS qu'il convient de confirmer.

- les **détections de collisions**

- le délai **"d'accès réseau"**
  Le délai est de courte durée (44 à 92 µsec). Il n'utilise que 32 valeurs séparées par un pas de 1,5 µsec. Il évolue suivant une variable pseudo-aléatoire. Ce choix restreint risque d'entrainer une avalanche d'émissions synchrones.
  La valeur du pas, inférieure au temps de propagation entre deux stations situées à plus de 300 mètres, diminue d'autant le nombre de valeurs disponibles dans le cas de réseau à longue distance.

- le délai **après collision "SOFT"**
  Ce délai, de l'ordre de la dizaine de millisecondes, décale dans le temps les émissions. Il va diminuer d'autant la charge sur le réseau. Il est un facteur important des courbes de la durée d'accès.

- la **priorité**
  VOLUBILIS gère les priorités. Les courbes du délai d'émission devraient être différentes.

Ces caractéristiques seront soit déduites soit mesurées durant les tests.

IV.3.2 La plate-forme d'évaluation des performances

Les objectifs de la mesure du réseau VOLUBILIS est de donner ses caractéristiques générales sous certaines contraintes rapprochant au plus près des conditions moyennes d'utilisation.

Pour juger VOLUBILIS, l'évaluation a été faite sur des communicateurs LAC2, qui furent les premiers à disposer de l'interface VOLUBILIS.

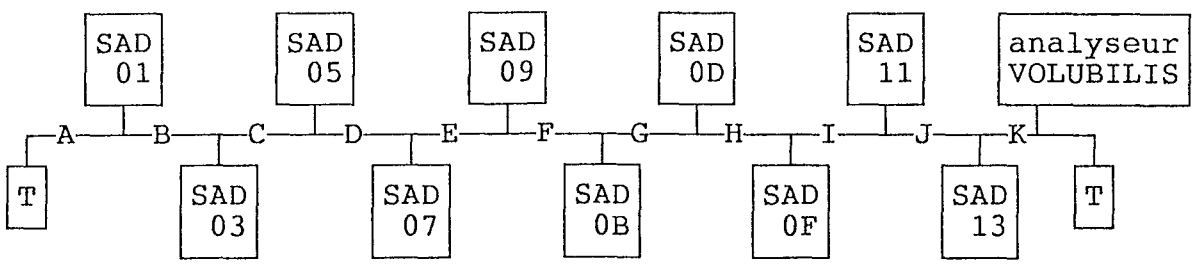


figure 4 : répartition des stations sur le médium

Le médium est un câble standard RG108. La longueur de chaque segment (A à K) est de 100 mètres. Le câble de raccordement du communicateur au réseau est de 3 mètres.

La configuration d'un réseau moyen LAC2, donnée par le service

support de COMPEX, est constituée de :

- **10 communicateurs LAC2 standards** (2 voies séries)
  (le maximum est 32 communicateurs).

- **1100 mètres** de câble.
  (le maximum est 1200 mètres)

- une **taille** de la zone des données égale à **64**.
  (le maximum est 511 pour VOLUBILIS et de 255 en LAC).
  Elle correspond à des messages moyens rencontrés sur le réseau (lecture/écriture d'octets dans des tables d'automates)
  La taille totale est 65 : 64 données plus la fonction LAC.

IV.3.3 La valeur théorique de charge maximale de VOLUBILIS

La valeur théorique de charge maximale du réseau VOLUBILIS peut être estimée en calculant la somme des durées composant un échange sur le bus VOLUBILIS. Les détails du calcul de la durée d'émission d'un bloc de données en point à point, en diffusion, de même qu'un cycle d'échange du protocole LAC2 sont donnés dans l'annexe 3.

Taille des données	VOLUBILIS Nbre de blocs par seconde pt à pt	VOLUBILIS Nbre de blocs par seconde diffusion	VOLUBILIS charge utile pt à pt (en %)	LAC2 Nbre de blocs par seconde pt à pt	LAC2 charge utile pt à pt (en %)
1	1048	1329	91,59	524	91,59
2	1002	1256	91,98	512	93,79
4	920	1123	92,55	490	94,08
8	792	943	93,61	451	94,52
10	740	871	93,98	434	94,78
16	619	708	94,95	389	95,22
20	558	629	95,41	364	95,51
32	431	472	96,45	305	96,13
50	321	343	97,26	246	97,02
64	268	283	97,71	213	97,12
65	265	280	97,78	211	97,14
100	188	195	98,32	159	97,68
128	152	157	98,22	133	98,10
255	82	83	98,81	76	98,52
256	82	83	99,17	76	98,86
511	42	43	97,91	impossible	

figure 5 : Caractéristiques théoriques de VOLUBILIS/LAC2

Le nombre maximal de blocs VOLUBILIS par seconde, de **même taille**, est égal à l'inverse du temps émis d'occupation (durée du

signal BUSY + délai d'"accès réseau") du bloc VOLUBILIS.

La **charge utile** est le résultat du nombre de blocs par seconde multiplié par leur durée réelle d'occupation sur le réseau (entre la montée et la chute du signal BUSY).

Remarque :

La capacité du bus VOLUBILIS, à émettre des blocs de fortes longueurs, est relativement faible. Une des conséquences est que la charge totale du réseau est rapidement importante dès l'émission de blocs de longues tailles.

IV.3.4 Les outils de mesure de VOLUBILIS/LAC2

L'obligation a été faite d'employer des outils standards. Ils sont disponibles pour tous les utilisateurs.

Deux outils sont produits par COMPEX :

- le simulateur de charge réseau LAC2
- l'analyseur de réseau VOLUBILIS/LAC2

Un outil d'analyse logicielle du marché :
- un analyseur-desassembleur de code 6809

IV.3.4.1 Le simulateur de charge réseau LAC2

Le simulateur de charge LAC2 est un communicateur permettant l'émission automatique de blocs de données vers un autre communicateur LAC2.

Ce logiciel présente l'avantage de minimiser l'importance des traitements de l'application et du logiciel interne au communicateur et donc de mettre en évidence les émissions et les réceptions. Il dispose d'une bonne répétitivité (car non dépendant de l'équipement) pour les mesures.

Les paramètres de fonctionnement sont explicités dans le manuel d'utilisation [SIM.88]. Les paramètres règlables utilisés sont :

* La longueur de la zone de données.
  La longueur des données varie de 1 à 256 octets.

* Le délai inter-trames entre 2 émissions successives.
  L'unité de temps est de 20 millisecondes avec une précision de 20 millisecondes.

Le logiciel simulateur de charge vérifie, en réception, la taille et les octets qu'il reçoit; il affiche sur un terminal les différents compteurs associés à la réception et à la transmission de blocs de données dont les compteurs de collisions matérielles et logicielles qui nous interessent.

IV.3.4.1.1 Calcul de délai inter-trame du simulateur de charge

La valeur du délai inter-trame du simulateur de charge détermine la charge appliquée au réseau, **A**.

Pour estimer ce délai, il faut poser une condition et connaitre le protocole LAC :

- Les blocs transmis ont la même TAILLE fixe de données.
- Il faut avoir une station émettrice de données et une station réceptrice de données et émettrice des acquittements VOLUBILIS et LAC.

une seconde = NB * (Tmsg + Délai inter-trames + Ttraversée)

avec
NB = nombre de trames émises par seconde
NBM = nombre maximum de trames par seconde
Tmsg = Durée totale du message transmis
= Durée **Tdata LAC** + durée **Tacquittement LAC**
Délai inter-trame = Durée entre 2 messages émis
Ttraversée = Durée de traitement dans le communicateur.
Ttraversée comprend 3 durées :
- durée de l'émission du bloc de données LAC
- durée de réception suivi de l'émission de l'acquittement LAC
- durée de la réception de l'acquittement LAC.

Ttraversée peut être estimée à 6,4 millisecondes.
(Valeur relevée à faible charge sur un désassembleur)

$$\frac{1}{NBM} = \frac{NB}{NBM} * (Tmsg + Délai\ inter\text{-}trame + Ttraversée)$$

$$charge = \frac{1}{NBM * (Tmsg + Délai\ inter\text{-}trame + Ttraversée)} \quad \text{(formule 1)}$$

Pour obtenir la charge maximale sur le réseau, il ne faut tenir compte que des temps du réseau :

$$\text{charge maximale} = \frac{1}{NBM * Tmsg} \quad \text{(formule 2)}$$

Dans le cadre de notre évaluation : avec des blocs de taille de 65 données, **Tmsg** est égal à 4724 microsecondes (cf annexe 3).
Pour obtenir la **charge maximale théorique**, NBM vaut 211 trames par seconde (formule 2).

La précision du délai inter-trames du simulateur étant de 20 millisecondes , la délai est moyenné à la dizaine de millisecondes inférieure.

délai inter-trames (en millisec)	charge totale (en %)	nombre maximal de stations
160 (150)	2.94	34
80 (70)	5.84	17
40 (30)	11.52	8
00	42.60	2

avec

NBM = 211
Tmsg= 4724 µsec
Ttraversée = 6,4 millisec

figure 6 : tableau des charges totales d'une station en fonction du délai inter-trames (64 données utiles)

Remarque sur les charges

Un délai inter-trames de 160 millisecondes représente avec dix communicateurs une **faible charge** sur le réseau, théoriquement 29,40%. Un délai inter-trames de 80 millisecondes représente une charge **moyenne** de 58,40%.

Les 2 derniers délais sont des cas "interdits" pour les utilisateurs normaux de VOLUBILIS car, à ces **fortes et très fortes charges** théoriques 115,20% et 426,00% respectivement, il est évident que les délais de leurs applications seront fortement augmentés. Un réseau devant fonctionner dans ces conditions est sous-

dimensionné. Cependant ces valeurs permettent de juger de l'aptitude du réseau VOLUBILIS.

Remarque sur le nombre de stations

Le simulateur peut engendrer de fortes charges appliquées avec un petit nombre de boitiers vu qu'il ne possède pas d'équipement applicatif. Deux communicateurs "simulateurs" peuvent générer une charge appliquée de 83,20% (taille des données utiles est de 64).

IV.3.4.2 L'analyseur de réseau VOLUBILIS/LAC2

L'analyseur de réseau VOLUBILIS a déjà été présenté au chapitre précédent. Pour des mesures de performances, on utilise le mode **comptage** des fonctions VOLUBILIS sur les adresses de stations utilisées.

La précision des calculs de charge est inférieure à 2%.

Particularités à observer en mode **comptage** pour l'évaluation du bus VOLUBILIS :

Les fonctions observées en transmission et en réception sont :
- les fonctions émission de données VOLUBILIS.
- les fonctions émission de données répétées VOLUBILIS.

- les acquittements positifs VOLUBILIS.
- les acquittements positifs répétés VOLUBILIS.

- la charge totale
- la charge utile

Les adresses observées sont 01, 03, 07, 09 et 05, 0F.

IV.3.4.3 L'analyseur-désassembleur de code 6809

L'analyseur logique 6809 permet la mesure du délai d'émission du MVBS, en unité de temps, entre le moment où la demande de transmission est effectuée par le logiciel du 6809 (par une écriture dans le fifo) et le compte-rendu du MVBS (par une lecture dans la boîte aux lettres du 80C452) (cf II.5.7.2).

IV.4 Les tests de charges

IV.4.1 Particularités des éléments de tests

IV.4.1.1 Les émissions entre les communicateurs

Le choix fait pour les émissions entre les communicateurs est un dialogue par paires des boitiers situés symétriquement sur le médium (figure 4)

La station 01 émet vers la station 0B et inversement.
La station 03 émet vers la station 0D et inversement.
La station 05 émet vers la station 0F et inversement.
La station 07 émet vers la station 11 et inversement.
La station 09 émet vers la station 13 et inversement.

Les stations 01, 03, 07, 09, 0B, 0D, 11, 13 déterminent une charge de fond du réseau.

Les stations 05 et 0F déterminent une charge variable.

Les stations s'échangent des blocs de données fixes de 64 données (65 au sens VOLUBILIS, il faut ajouter la fonction LAC).

La durée de chaque test est de 30 minutes.

Les mesures des tests sont :

- charges utiles et totales sur deux stations
- charges utiles et totales sur dix stations
- charges calculées par station pour les dix stations

on ajoute pour le premier test la mesure de :

- charges de fond utiles et totales sur huit stations

Chaque calcul de charge est la moyenne sur deux mesures enregistrées. Ce nombre est faible mais les communicateurs avec le logiciel "simulateur de charge" sont très répétitifs.
A faible charge, les différences sont quasiment nulles; aux fortes charges, les différences restent négligeables.

IV.4.1.2 Les délais inter-trames des "simulateurs de charges"

Quatre valeurs du délai inter-trames ont été sélectionnées :
- 160, 80, 40 millisecondes et le délai inter-trame nul.

Elles permettent, par changement des délais sur les communicateurs ,d'atteindre une large plage de valeur de charge appliquée **A**.
Huit stations jouent le rôle de charge de fond; elles ont le même délai inter-trames.
Deux stations **05** et **0F** sont particularisées; leurs délais inter-trames varient indépendamment des 8 autres stations.

IV.4.1.3 Précisions sur les tableaux de mesures présentés

Avec l'analyseur de réseau VOLUBILIS, nous avons dénombré le nombre de trames émises, de trames répétées, le nombre d'acquittement VOLUBILIS reçu. Ces nombres ne différencient pas les blocs de données et les blocs LAC d'acquittement. C'est pourquoi, nous avons estimé que ce nombre était la somme de moitié de blocs de données LAC (65 octets) et de moitié d'acquittements LAC (1 octet).
Le pourcentage en temps réseau occupé par station est donné par la formule :

$$\text{charge} = \frac{(\text{nombre de blocs}/2) * (\text{durée trames 65 données LAC})}{\text{nombre de secondes observation}}$$

IV.4.2 La charge réseau sur deux communicateurs

La charge théorique est le résultat de la charge par station (figure 6) multiplié par deux.
Les charges utiles et totales sont des mesures lues sur l'analyseur VOLUBILIS/LAC2.

délai simulateur	charge réseau (en %) utile	totale	théorique
160	5.64	5.64	5.88
080	11.62	11.62	11.68
040	22.52	22.52	23.04
000	56.56	56.56	85.20

figure 7 : Cas 0 : charge réseau sur deux communicateurs

Les constats :

Si le délai inter-trames est supérieur à la durée de la trame, le temps de traitement et de préparation de la trame suivante est masqué par le délai inter-trames.

Pour le cas du délai inter-trames nul, ce temps de traitement et de préparation de la trame suivante correspond à une perte de charge sur le réseau. Le simulateur ne prépare les données qu'une fois la réception de l'acquittement de la trame précèdente reçue. Ce délai **Ttraversée** peut être recalculé par la formule déduite de la formule 1 avec :

Délai inter-trames = 0 et charge = charge/2

$$\textbf{Ttraversée} = \frac{1}{\text{charge}/2 * \text{NBM}} - \text{Tmsg}$$

Il nous donne une durée **Ttraversée** égale à 12.15 millisecondes pour une charge maximale entre 2 communicateurs qui s'échangent des données.

Cette mesure permet d'apprécier l'influence du protocole simulateur de charges.

IV.4.3 La charge de fond : sur huit communicateurs

La charge de fond est la charge appliquée aux huit communicateurs fonctionnant par paires. Leurs délais inter-trames sont

identiques.

La charge appliquée est le résultat de la charge totale précèdente sur deux communicateurs multipliée par 4.

délai simulateur	charge réseau (en %) utile	totale	appliquée
160	22.38	22.38	22.56
080	44.73	44.73	46.48
040	71.84	72.28	90.08
000	70.40	72.16	226.24

figure 8 : Cas 1 : charge de fond du réseau sur 8 communicateurs

Les constats :

Aux faibles et moyennes charges, l'addition des charges de chacune des stations s'effectue correctement sans pertes.

A fortes et très fortes charges, on arrive au point de saturation pour ces 8 communicateurs et leurs émissions de 64 données. La saturation se situe vers 72% alors que la valeur maximale est de 97,78% (figure 5).

Plus la demande est forte, plus la charge utile diminue lentement tandis que la charge totale reste à sa valeur de saturation.

Le charge perdue (égale à charge totale - charge utile) est la somme de tous les blocs **non complets** que reçoit l'analyseur de réseau. Ces blocs incomplets proviennent des blocs dûs aux collisions logicielles.

Regardons plus en détail les échanges entre stations suivant les différentes charges.

IV.4.4 Relevé des charges réseau sur dix communicateurs.

D'après les chiffres relevés à l'analyseur de réseau, plusieurs constats sont à noter (figures 9a, 9b, 9c, 9d, 9e).

Les constats :

Le débit réel du réseau n'est pas une fonction linéaire de la charge appliquée. Il existe 3 zones de comportement du réseau.

- de 0 à 45 % de charge appliquée.
  La charge appliquée est égale à la charge utile et à la charge totale. C'est la zone de plein emploi du réseau.

- de 45% à 100% de charge appliquée.
  La croissance de la charge appliquée a une pente supérieure à la charge utile et la charge totale. L'augmentation du débit du réseau est moins forte, elle s'éloigne petit à petit de la courbe théorique pour atteindre sa valeur de saturation vers les 70% de charge totale du réseau.
  En même temps, la courbe de la charge totale se différencie de la charge utile. Nul à 45%, l'écart est de 1% à 100%.

- de plus de 100% de charge appliquée.
  Le réseau est dans sa zone de saturation. La charge appliquée a beau augmenter, la débit croit de manière infinitésimale. Seule la charge perdue (égale à la charge totale moins la charge utile) augmente. Elle varie de 1% à 5% de la charge totale maximale théorique.

Le bus VOLUBILIS sature à fortes charges appliquées mais il ne s'effondre pas.

figure 9b, cas 2 : la charge de fond appliquée de 22.56% (délai simulateur= 160)

délai simulateur	charge réseau (en %) utile	totale	appliquée
160	28.00	28.00	28.20
080	33.60	33.60	34.18
040	44.72	44.72	45.08
000	55.52	56.00	79.12

figure 9b, cas 3 : la charge de fond appliquée de 46.48% (délai simulateur= 80)

délai simulateur	charge réseau (en %) utile	totale	appliquée
160	50.24	50.24	52.12
080	55.68	55.68	58.10
040	64.64	65.04	69.00
000	61.92	63.04	103.28

figure 9c, cas 4 : la charge de fond appliquée de 90.08% (délai simulateur= 40)

délai simulateur	charge réseau (en %) utile	totale	appliquée
160	70.08	70.72	95.72
080	70.88	71.84	101.70
040	74.24	75.44	112.60
000	71.84	73.60	146.64

figure 9d, cas 5 : la charge de fond appliquée de 226.24% (délai simulateur= 00)

délai simulateur	charge réseau (en %) utile	totale	appliquée
160	71.36	73.12	231.88
080	72.00	73.49	237.86
040	70.56	74.88	248.76
000	74.88	77.12	282.80

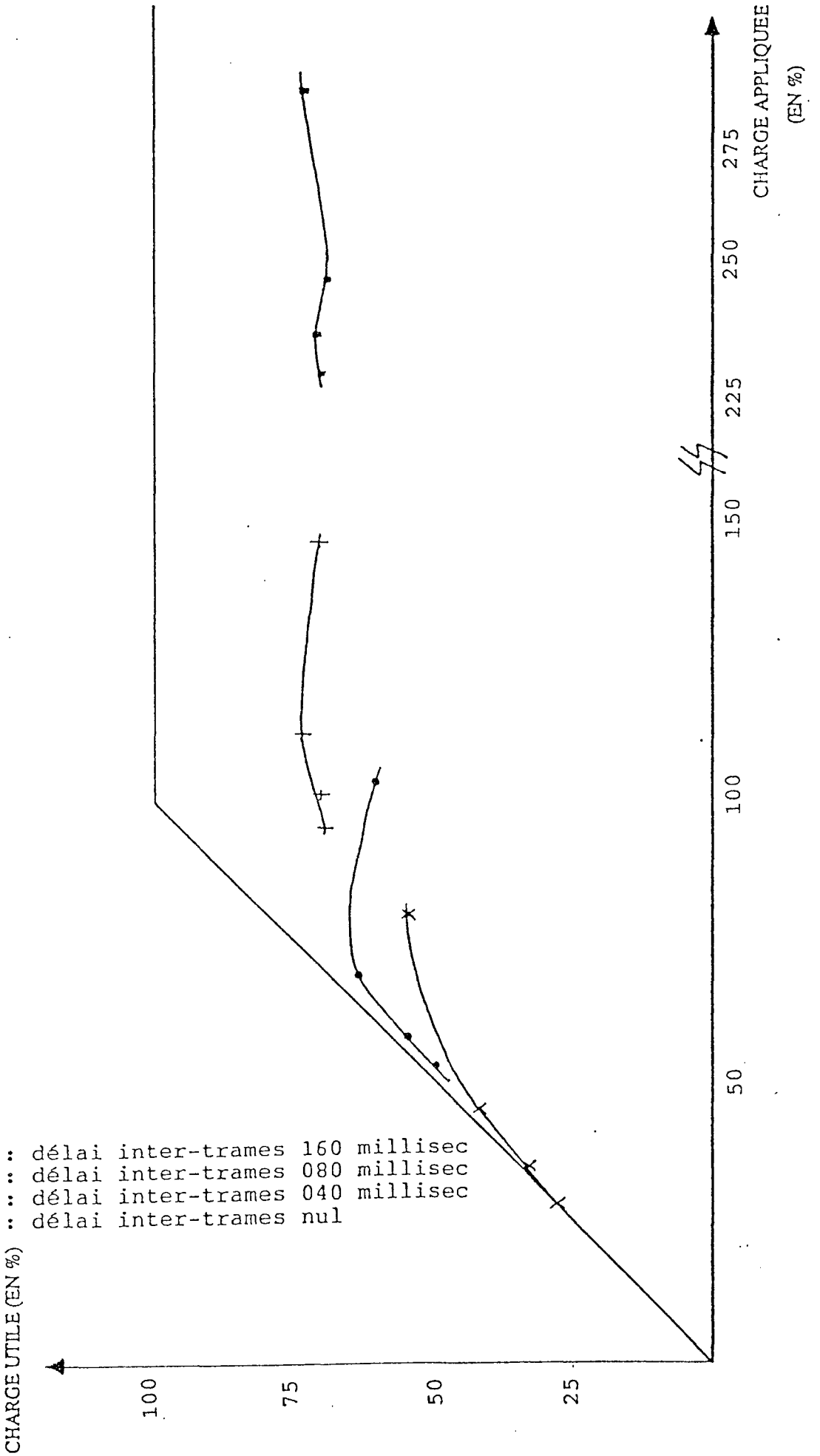


fig 9e : courbes des charges utiles déduites des tableaux 9a à 9d

IV.4.5 Relevé des nombres de blocs émis sur dix communicateurs.

Le relevé des nombres de blocs émis sur le réseau a été effectué au même moment que le relevé des charges utiles et totales.
Nous les distinguons dans un effort de présentation.
Divers constats sont à noter (figure 10a à 10f).

Le constat 1 :

Durant tous les tests, aucunes anomalies de fonctionnement du bus VOLUBILIS n'ont été observées (erreurs de numérotation, blocs de synchronisation, pas de blocs disponibles).
Les seules fonctions VOLUBILIS circulant sur le réseau sont :

- Les fonctions de données VOLUBILIS.
- Les acquittements positifs VOLUBILIS.
- Les fonctions de données répétées VOLUBILIS, qui suivent non-réception d'acquittement VOLUBILIS.
  Une répétition VOLUBILIS est synonyme de bande passante du réseau diminuée et aussi de charge perdue.

Le constat 2 :

Aux faibles charges, la répartition des charges sur les communicateurs est équivalente.
A faible charge de fond mais forte charge sur deux communicateurs, ceux sont ces 2 derniers qui perdent le plus. La différence entre la charge appliquée et la charge mesurée (cas 2 ou cas 3 avec le délai inter-trames du simulateur nul) provient des 2 stations 05 et 0F dont les charges respectives diminuent de 28% à 16% et 28% à 10-11%. Elles ont aussi le plus de répétitions VOLUBILIS.
Les charges semi-périodiques élevées sont écrêtées sur VOLUBILIS.

Le constat 3 :

En même temps que la charge appliquée augmente, le nombre de blocs envoyés par station diminue et la disparité des émissions

entre les stations va s'accroitre. Autrement dit, la moyenne et l'écart-type des émissions croissent.
Aucune règle ne peut cependant être déduite.
On peut seulement remarquer que les stations enregistrent toujours les mêmes effets.

- Les stations : 01, 07, 09, 05 et 0F enregistrent les plus forts taux de répétitions.
- La station 03 possède le plus faible de taux de répétitions.
- Si l'on compare les taux d'émission entre les deux stations extrêmes, ayant le plus fort et le plus bas taux, la première émet jusqu'à 30% de blocs VOLUBILIS de plus que la seconde.

Le constat 4 :

L'analyseur donne des charges utiles égales à 70% du temps réseau. Avec la même hypothèse, le nombre des blocs répétés est la somme de moitié de blocs de données et de moitié de blocs d'acquittements, les répétitions de blocs VOLUBILIS donc la charge perdue peut représenter jusqu'à 9% de la charge réseau.
La charge utile de VOLUBILIS se situe alors à 65% du temps réseau.

Le constat 5 :

L'hypothèse donnée sur le calcul de la durée des blocs se confirme. L'écart entre le délai mesuré à l'analyseur et le délai calculé sur le nombre de blocs (émis et répétés) vaut au maximum 1%. Elle se situe dans la marge d'erreur introduite dans le calcul de la charge lissée du mode comptage de l'analyseur VOLUBILIS.

Ces différents constats nous amènent à effectuer d'autres tests pour infirmer certaines influences :

- influence de la taille des données de blocs sur la charge utile.
- influence de la longueur du câble réseau
  (problème du faible échantillon du délai d'"accès réseau")

figure 10a, Cas 0 : 2 communicateurs

délai simul	transmissions et répétitions (en %) 05	0F	total
160	2.82	2.82	5.64
160	0	0	0
080	5.65	5.65	11.30
080	0	0	0
040	11.30	11.30	22.60
040	0	0	0
000	28.44	28.44	56.88
000	0	0	0

1ère ligne : taux des transmissions
2ème ligne : taux des répétitions

figure 10b, Cas 1 : les communicateurs de charge de fond

délai simul	taux de transmissions et de répétitions (en %) 01	0B	03	0D	07	11	09	13	total
160	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	22.48
160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
080	5.62	5.62	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	44.90
080	0	0	0	0	0	0	0	0	0
040	9.33	9.22	8.55	8.35	8.77	8.76	8.63	8.50	70.11
040	0.63	0.10	0.02	0.17	0.35	0.08	0.43	0.13	1.91
000	9.68	9.30	7.41	6.53	7.88	7.84	7.17	6.94	62.75
000	2.26	0.35	0.04	0.78	1.21	0.17	1.84	0.22	6.87

figure 10c, Cas 2 : la charge de fond appliquée de 22.56%
(délai simulateur= 160)

délai	taux de transmissions et de répétitions (en %) 01	0B	03	0D	07	11	09	13	05	0F	total
16	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	28.10
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	5.62	5.62	33.72
08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	11.19	11.18	44.85
04	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.01
00	2.70	2.69	2.67	2.63	2.68	2.70	2.68	2.65	16.39	16.02	53.81
00	0.14	0.01	0	0.04	0.07	0.02	0.05	0.03	1.06	0.67	2.09

mode de lecture des tableaux :
Un tableau correspond à une charge de fond appliquée.
Les 4 mesures 160, 80, 40 et 0 correspondent aux délai-inter-trames des 2 stations particulières **05** et **0F**.
1ère ligne : charge des blocs de données de la station (en %)
2ème ligne : charge des blocs de données répétées de la station
dernière colonne : charge totale de la ligne (en %)

figure 10d : Cas 3 : la charge de fond appliquée de 46.48% (délai simulateur= 80)

délai		taux de transmissions et de répétitions (en %)									
	01	0B	03	0D	07	11	09	13	05	0F	total
16	5.60	5.60	5.59	5.59	5.60	5.60	5.59	5.59	2.80	2.80	50.36
16	0.01	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0	0	0.02
08	5.60	5.59	5.59	5.58	5.59	5.59	5.59	5.59	5.60	5.59	55.91
08	0.01	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0.01	0.01	0.05
04	5.45	5.43	5.39	5.34	5.44	5.44	5.39	5.36	10.65	10.58	64.47
04	0.10	0.02	0	0.04	0.06	0.01	0.06	0.03	0.09	0.06	0.47
00	4.80	4.74	4.55	4.35	4.71	4.70	4.69	4.54	11.06	9.98	58.12
00	0.49	0.06	0.01	0.16	0.26	0.07	0.24	0.15	1.51	0.98	3.93

figure 10e, Cas 4 : la charge de fond appliquée de 90.08% (délai simulateur= 40)

délai		taux de transmissions et de répétitions (en %)									
	01	0B	03	0D	07	11	09	13	05	0F	total
16	8.46	8.39	7.40	7.05	7.90	7.85	7.73	7.58	2.50	2.39	67.25
16	0.89	0.12	0.04	0.29	0.46	0.12	0.54	0.17	0.18	0.11	2.92
08	7.91	7.76	7.10	6.80	7.36	7.33	7.45	7.21	4.47	4.21	67.60
08	1.03	0.13	0.04	0.25	0.55	0.13	0.55	0.22	0.33	0.24	3.47
04	7.46	7.32	6.81	6.49	6.94	6.90	6.97	6.68	7.63	7.25	70.45
04	1.07	0.13	0.03	0.27	0.57	0.15	0.63	0.28	0.50	0.34	3.97
00	7.01	6.87	6.21	5.87	6.53	6.49	6.51	6.22	7.73	6.66	66.10
00	1.15	0.12	0.03	0.29	0.62	0.15	0.60	0.29	1.23	0.95	5.43

figure 10f, Cas 5 : la charge de fond appliquée de 226.24% (délai simulateur= 00)

délai		taux de transmissions et de répétitions (en %)									
	01	0B	03	0D	07	11	09	13	05	0F	total
16	8.97	8.60	7.02	6.16	7.42	7.40	6.73	6.51	2.39	2.20	63.40
16	2.28	0.34	0.05	0.74	1.22	0.17	1.79	0.23	0.21	0.17	7.20
08	8.36	8.05	6.70	5.88	7.11	7.08	6.54	6.27	4.04	3.71	63.74
08	2.30	0.28	0.04	0.74	1.23	0.17	1.72	0.28	0.36	0.30	7.42
04	6.70	5.76	6.45	5.53	7.41	7.05	6.87	6.45	6.79	5.46	64.47
04	0.43	0.85	0.04	0.82	1.38	0.48	0.86	0.45	0.38	0.64	6.33
00	7.63	7.28	6.05	5.24	6.47	6.42	5.93	5.61	7.55	6.53	64.71
00	2.33	0.31	0.05	0.70	1.22	0.20	1.64	0.31	1.30	0.94	9.00

mode de lecture des tableaux :
Un tableau correspond à une charge de fond appliquée.
Les 4 mesures 160, 80, 40 et 0 correspondent aux délai-inter-trames des 2 stations particulières **05** et **0F**.
1ère ligne : charge des blocs de données de la station (en %)
2ème ligne : charge des blocs de données répétées de la station
dernière colonne : charge totale de la ligne (en %)

IV.4.6 Influence de la taille des données

Pour juger de l'influence de la taille sur le rendement du réseau, la taille est fixée à 254 données utiles (255 avec la fonction LAC) sur les deux stations variables.

La charge de fond est toujours obtenue par huit stations, émettant des blocs de 64 données utiles.

Les mesures effectuées restent identiques :

- charges utiles et totales sur deux stations
- charges utiles et totales sur dix stations
- charges calculées par station pour les dix stations

IV.4.6.1 Charges utiles et totales sur deux stations

délai simulateur	charge réseau (en %) utile	totale
000	73.25	73.25

figure 11 : charge totale réseau sur deux communicateurs

Deux communicateurs occupent sans pertes 73,25% du temps réseau alors qu'auparavant (taille des données égale à 64), le rendement n'était que de 56,56%.

IV.4.6.2 Charges utiles et totales sur dix stations

Pour ces mesures, la variation s'effectue sur la charge de fond tandis que la charge appliquée sur les deux stations particularisées 05 et 0F reste maximale (délai inter-trames nul) égale à 73,25%.

La charge réseau appliquée est la somme de la charge de fond (cf IV.4.3) additionnée au 73,25% des stations 05 et 0F.

délai simulateur	charge réseau (en %) utile	totale	appliquée
160	70.16	73.12	95.81
080	68.48	74.72	119.73
040	72.40	79.76	163.33
000	75.84	85.70	299.49

figure 12 : charge totale réseau sur dix communicateurs

Les constats sur les charges :

La charge totale augmente jusqu'à 85% de la charge maximale théorique du réseau. Toutefois la charge utile reste la même environ 72% ou évolue peu. Le seul bénéficiaire est la perte de charge.

IV.4.6.3 Charges calculées par station pour les dix stations

délai		taux de transmissions et de répétitions (en %)									
	01	0B	03	0D	07	11	09	13	05	0F	total
16	2.19	2.13	2.25	2.11	2.21	2.21	2.27	2.14	25.23	24.34	67.08
16	0.07	0.15	0.01	0.14	0.20	0.10	0.12	0.13	0.43	0.85	2.20
08	3.15	3.30	3.46	3.20	3.39	3.38	3.50	3.21	19.35	18.32	64.26
08	0.16	0.30	0.02	0.26	0.42	0.20	0.26	0.28	0.79	1.78	4.47
04	4.25	4.53	4.56	4.18	4.44	4.62	4.77	4.25	15.89	15.05	66.54
04	0.28	0.45	0.03	0.39	0.64	0.33	0.42	0.43	1.11	1.89	5.97
00	4.59	4.80	4.83	3.93	4.82	5.00	5.54	4.71	15.30	14.41	67.93
00	0.42	0.72	0.08	0.71	1.05	0.53	0.87	0.80	0.98	1.82	7.96

figure 13 : Tableau des fonctions VOLUBILIS
- zone de données des stations 05 et 0F égale à 254

Les constats sur les charges par station :

L'analyse reste identique en détaillant le tableau station par station. Le rendement réel de réseau se situe à 67% de la charge utile, jusqu'à 8% des blocs sont perdus dans les répétitions VOLUBILIS.

IV.4.7 Influence de la longueur du câble

Le câble, de 1100 mètres, amène une constante de temps non négligeable par rapport aux délais d'"accès réseau" (5 nanosecondes par mètre). Pour éviter cette constante de temps, le second test s'effectue sur une longueur minimale du médium. On pourra ainsi juger des valeurs "pures" du délai d'"accès réseau".

En conservant la même implantation, les câbles A,B,C,D,E,F,G,I,J

et K sont remplacés par des câbles de trois mètres.

Les tests sont réduits aux valeurs de charges appliquées maximales des simulateurs de charge pour 3 longueurs de données.

- La charge de fond est donnée par huit stations.
  (la taille des données est égale à 64)
- Les stations 05 et 0F ont une taille de données variable.
  (les tailles sont de 1, 64 et 254 données)
- Toutes les stations ont le même délai inter-trames nul.

IV.4.7.1 Charges utiles et totales sur deux stations

taille données	charge réseau (en %) utile	totale
1	37.28	37.28
64	56.56	56.56
254	73.12	73.12

figure 14 : charge totale réseau sur deux communicateurs
- câble de longueur mimimale

Ce tableau montre l'influence de la taille des données sur la charge totale du réseau.

IV.4.7.2 Charges utiles et totales sur dix stations

La charge appliquée est égale à la charge de fond (figure 8) additionnée à la charge des deux stations (figure 14).

taille données	charge réseau (en %) utile	totale	appliquée
1	70.24	70.24	263.52
64	79.52	80.00	282.80
254	94.72	95.72	299.36

figure 15 : charge totale réseau sur dix communicateurs
- câble de longueur minimale

Les constats sur les charges :

Les pertes dues aux incidents (charge totale - charge utile)

sont minimisées par rapport au câble long.

L'influence de la taille des données du bloc est grande pour VOLUBILIS. Le rapport vitesse de transmission- longueur du bloc de VOLUBILIS est faible. La saturation du réseau est une fonction de la taille des données du bloc.

IV.4.7.3 Charges calculées par station pour les dix stations

délai	taux de transmissions et de répétitions (en %)									
	01	0B	03	0D	07	11	09	13	05	0F	total
01	7.20	7.33	6.85	6.85	6.70	6.70	6.25	6.25	7.44	7.44	69.01
01	0.12	0	0	0.06	0.06	0	0.40	0	0	0.06	0.70
64	7.93	8.28	8.00	8.00	7.50	7.50	7.02	7.02	8.08	8.08	77.41
64	0.37	0	0	0.21	0.21	0	1.43	0	0	0.21	2.43
254	8.87	9.47	9.38	9.38	8.75	8.75	8.71	8.71	9.53	9.53	91.08
254	0.72	0.01	0	0.36	0.34	0	2.41	0	0	0.36	4.20

figure 16 : Tableau des fonctions VOLUBILIS (en pourcentage)

Les constats sur les charges par station :

Les pertes dues aux répétitions VOLUBILIS (charges des répétitions égales respectivement à 0,70%, 2.43% et 4,20%) sont minimisées par rapport au câble long. Cette amélioration provient du rôle plus important du délai d"accès réseau" sur un câble inférieur à 300 mètres.

IV.4.8 Conclusions des tests de charges

Plusieurs conclusions sur ces tests de charges peuvent être tirées.

- La première conclusion est un rappel.

  Le réseau VOLUBILIS est un réseau atelier-usine. Sa vitesse (250 kilobits par seconde) est relativement lente par rapport à la taille des données qu'elle peut émettre (511 données). Le bus VOLUBILIS n'a pas été construit pour des transferts en

permanence des fichiers ou des grandes zones de données.
Son domaine est la transmission de nombreux petits et moyens blocs.

- De ce fait, les charges appliquées, utiles et totales dépendent de la taille des données envoyées.
- Le délai d'"accès réseau" a été choisi de durée brève et de pas faible. Nous avons montré ses inconvénients dans les cas de fortes charges et de grandes longueurs de câble. Ces cas n'existent pas chez les utilisateurs moyens du bus VOLUBILIS (2 à 30% de la charge maximale admissible).
Utiliser un réseau à plus de 100% de charge appliquée indique un sous-dimensionnement du réseau choisi.

- A fortes charges, le bus VOLUBILIS sature mais ne s'écroule pas.

IV.5 Mesures du délai d'émission d'un bloc

Les mesures du délai d'émission est un facteur fréquemment retenu par les auteurs. Avec une sous-couche MAC à accès aléatoire de type CSMA/CD, il n'existe pas de limite temporelle théorique; une station peut entrer perpétuellement en collisions.
Par contre, de manière pratique, il est important de connaitre les temps de réponses pour donner une durée de "time-out" au processeur hôte de VOLUBILIS.

IV.5.1 Plate-forme de mesures du délai d'émission d'un bloc

La plate-forme de test reste la même que précédemment : huit stations en charge de fond, 2 stations particularisées.
Les stations 05 et 0F disposent 3 longueurs de données :

- 1 donnée
- 64 données
- 254 données

La mesure sera faite pour deux charges du réseau :
- 2 stations, délai inter-trames nul.
- 10 stations, délai inter-trames nul.

La lecture du délai s'effectue toujours sur la station 0F.

Le nombre de mesures effectuées est de 102.

IV.5.2 La mesure

La mesure du délai d'émission d'un bloc est une mesure prise avec un analyseur-désassembleur logiciel 6809.

La mesure de temps effectuée se situe entre :
- la première écriture dans le fifo du MVBS
  (code d'émission avec sa priorité)
  La priorité nous permet de distinguer les blocs de données LAC et les acquittements de type LAC.
  - les émissions de blocs de données LAC
    Elles sont affectées d'une priorité **basse** (cf II.4.6).
  - les émissions de blocs d'acquittement LAC
    Elles sont affectées d'une priorité **moyenne**. La taille du bloc d'acquittement LAC est toujours égale à 1.

- et le compte-rendu de l'acquittement VOLUBILIS reçu dans la boite aux lettres du MVBS.

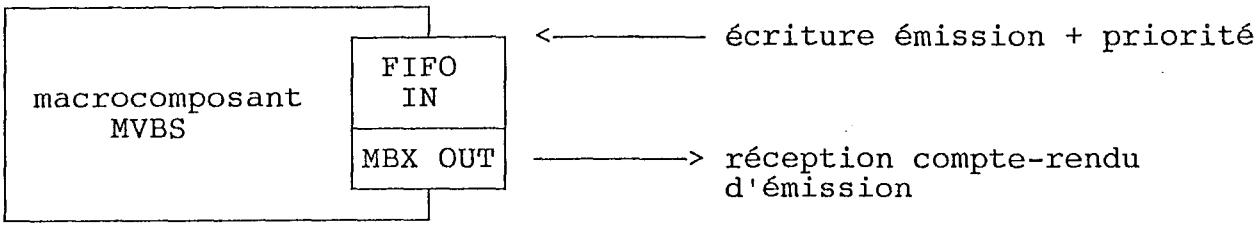


figure 17 : interfaçage du MVBS-hôte lors d'une émission

IV.5.2.1 Les durées d'une émission du MVBS

Le macrocomposant MVBS évolue dans différents états auxquels sont associés diverses durées.

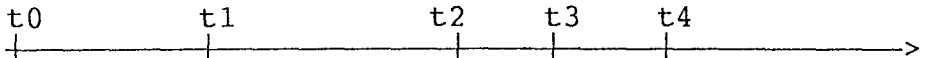


figure 18 : Les durées d'une émission du MVBS

t0 : écriture du bloc dans le fifo par le 6809

t1 : début d'émission physique sur le réseau
t1-t0 est une succession de périodes d'occupation du support physique que nous étudierons dans le paragraphe suivant.

t2 : fin d'émission sur le réseau

t3 : fin de réception du bloc d'acquittement et écriture du compte-rendu par le MVBS

t4 : lecture du compte-rendu par le 6809 dans la boîte aux lettres
Cette durée comprend le temps de traitement de la réception de l'interruption "boîte aux lettres présente" à la lecture du compte-rendu. Ce temps représente 100 µsecondes.

IV.5.2.2 Les périodes d'occupation du support

Entre le moment où le MVBS reçoit la demande d'émission et l'instant réel d'émission, plusieurs périodes du réseau peuvent se dérouler.

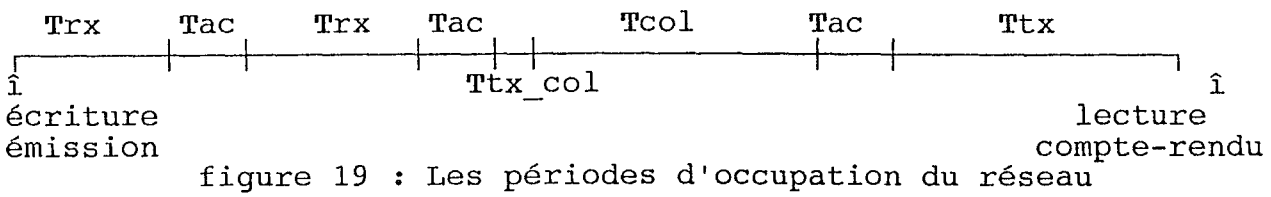


figure 19 : Les périodes d'occupation du réseau

Les différentes périodes du réseau VOLUBILIS sont :

Trx : durée d'occupation du réseau due aux réceptions.
Celles-ci peuvent être traitées par le MVBS étudié.

Tac : durée du délai "d'accès réseau" (cf II.4.5.2.1)
La durée Tac est très faible devant les autres durées.

Ttx_col: durée d'une émission avortée après détection d'une "collision logicielle".

Tcol: durée du délai "collision" (cf II.4.5.2.2)
Pendant cette période, le MVBS continue de traiter les blocs reçus.

$$Tcol = \Sigma Trx + \Sigma dt$$

dt exprime des durées "réseau libre".

Ttx_repet : durée de transmission d'un bloc de donnée non acquitté par VOLUBILIS.

Ttx : durée complète de transmission d'un bloc de données VOLUBILIS (bloc de données et d'acquittement VOLUBILIS).

$$t4-t0 = \Sigma Trx + \Sigma Tac + \Sigma Tcol + \Sigma Ttx_col\ \Sigma Ttx_repet + Ttx$$

La durée minimale pour un bloc de taille fixe est :

$$(t4-t0)mini = Tac + Ttx = Tdata$$

La présentation des relevés par histogramme se fera par unité de temps Tdata pour les 3 longueurs de 1, 64 et 254 données.

Les explications par période sont :

1) 0 **- Tdata :**
Le réseau est libre, le bloc est émis dès sa réception par le 80C452.

2) pour n>=1 et n<=8
n x Tdata - (n+1) x Tdata :
Plusieurs cas sont possibles.

- L'émission s'effectue après réception d'un ou plusieurs blocs de données ou d'acquittement.
Ces blocs sont :
  * reçus et traités (adresse destinataire Ok).
  * reçus et non traités (adresse destinataire Ko).
  * complets
  * incomplets

- Les émissions s'étant mal déroulées (pas d'acquittement VOLUBILIS, une ou plusieurs répétitions du bloc s'effectuent après des délais d'"accès réseau".

3) plus de 50 millisecondes à plus de 500 millisecondes :
   - Une ou plusieurs collisions sont intervenues, les délais "collision-erreurs de comparaison" ont été lancés, suivis de l'émission du bloc.
   Un intervalle distinct est apporté suivant les émissions de blocs avec basse ou moyenne priorité.

IV.5.3 Les mesures du délai d'émission des blocs de VOLUBILIS

IV.5.3.1 Mesures sur deux stations

Les valeurs sont données par les figures 20a, 20b, 20c, 20d pour des tailles égales à 1, 64 et 254 données respectivement.

Quasiment toutes les émissions se passent durant la première ou la deuxième période.

Les moyennes des mesures sont proches de la valeur théorique. La dispersion est faible. Ce résultat est fortement influencé par le protocole du simulateur de charge qui répartit bien ses émissions. Pour 254 données, la valeur écart-type quasi nulle, indique un partage parfait du support physique.

IV.5.3.2 Mesures des blocs de données sur dix stations

Les valeurs sont données par les figures 21a, 21b, 21c, 21d.

Les histogrammes sont "plus aplatis".

Des délais importants apparaissent. Leurs nombres et leurs valeurs dépendent de la charge totale du réseau et de la taille des blocs émis.

Pour des tailles de 254 données, 30% des blocs sont émis après 100 millisecondes. Par rapport à la taille du bloc, ces chiffres peuvent représenter jusqu'à 50 fois la durée du bloc le plus long pour le protocole LAC2.

Les moyennes et les écarts-type sont très élevées. Ils proviennent des délais de collisions élevés (cf II.4.5.2.2) par rapport aux durées des blocs de VOLUBILIS.

Le bus VOLUBILIS ne peut éviter toutes les collisions.

IV.5.3.3 Mesures des blocs d'acquittement sur dix stations

Les valeurs sont données par les figures 22a, 22b, 22c, 22d. Cette mesure permet de voir comment fonctionne la priorité moyenne par rapport à la priorité basse.

Les histogrammes présentent d'avantage une concentration plus importante sur les premières périodes que les blocs de données.

93%, 82% et 81% des blocs d'acquittement **LAC** sont émis avant 2 périodes de blocs de données. Les durées maximales lues sont inférieures aux durées maximales des blocs de données. Le rapport est ici de 1 à 20 unités de mesures.

La moyenne et l'écart-type sont, de ce fait, fortement diminués par rapport du bloc de données (64 et 254 données utiles).

Pour les blocs de données de 1 caractère, la moyenne et l'écart-type sont sensiblement équivalents aux blocs d'acquittement.

Cas 1 : nombre de stations = 2

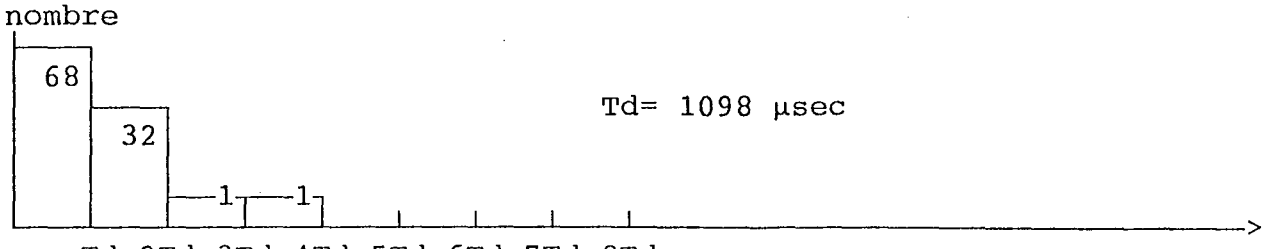


fig 20a : nombre de blocs de données émis (1 donnée), 2 stations

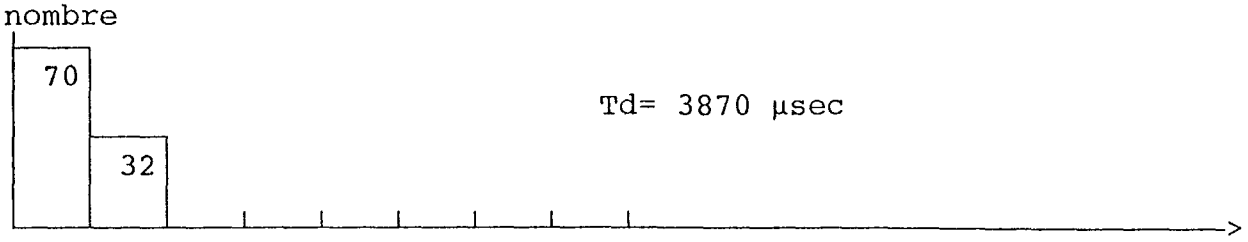


fig 20b :nombre de blocs de données émis (64 données), 2 stations

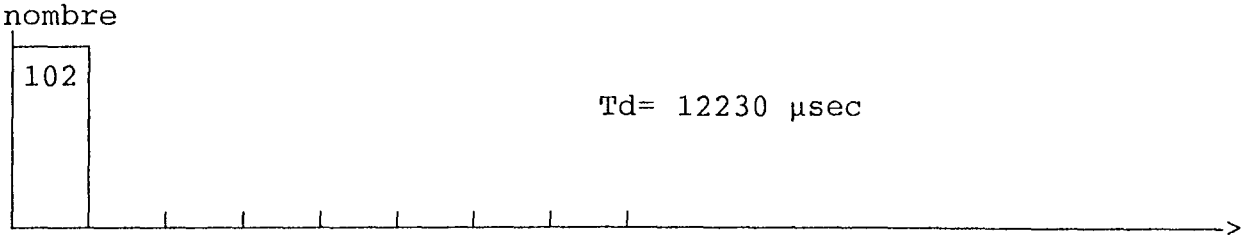


fig 20c :nombre de blocs de données émis (254 données), 2 stations

taille données	durée d'accès (en µsec) valeur théorique	moyenne données	écart type données	charge totale (en %)
1	1098	1329.02	445.23	37.28
64	3870	4643.32	1174.62	56.56
254	12230	12226.79	8.19	73.12

figure 20d : moyenne - écart-type, 2 stations

Cas 2 : nombre de stations : 10 - blocs de données

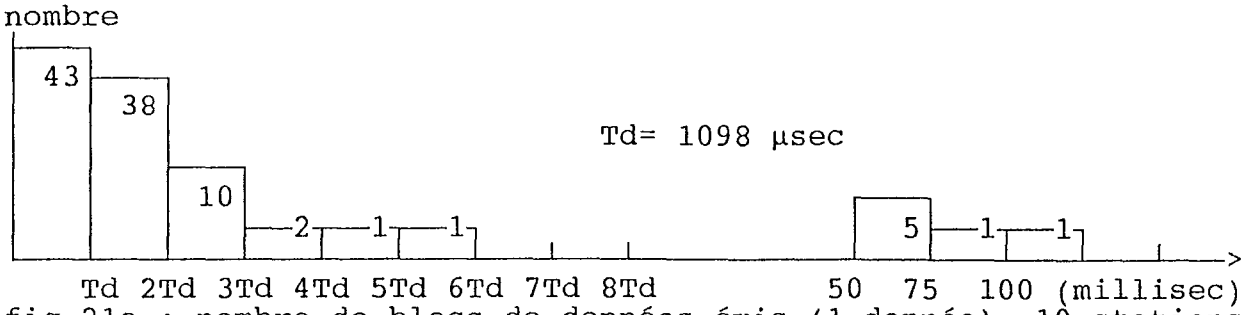


fig 21a : nombre de blocs de données émis (1 donnée), 10 stations

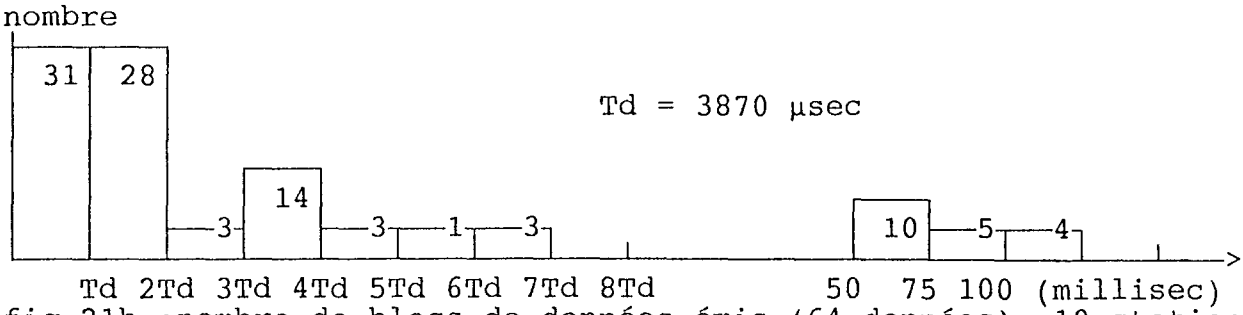


fig 21b :nombre de blocs de données émis (64 données), 10 stations

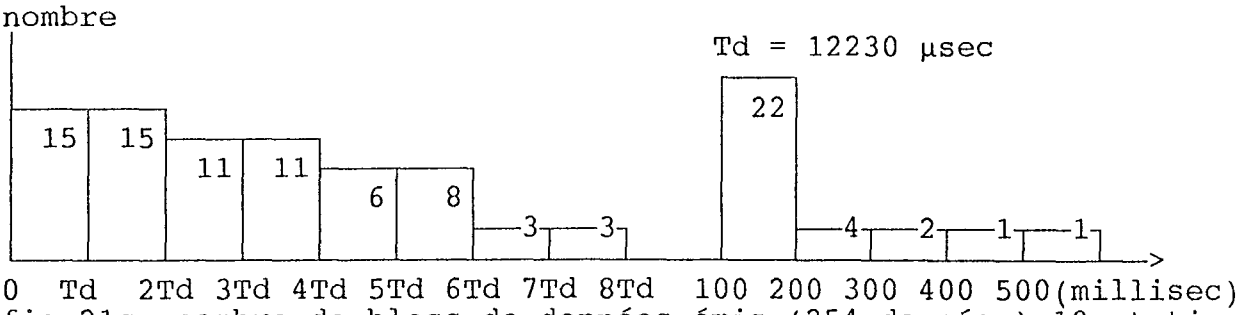


fig 21c :nombre de blocs de données émis (254 données),10 stations

taille données	durée d'accès (en µsec) bloc de données		charge totale (en %)
	moyenne	écart type	
1	3239.57	8859.79	70.24
64	21411.93	32004.44	80.00
254	81597.86	88363.52	95.72

figure 21d : moyenne - écart-type, blocs de données, 10 stations

Cas 3 : nombre de stations : 10 - blocs de d'acquittement

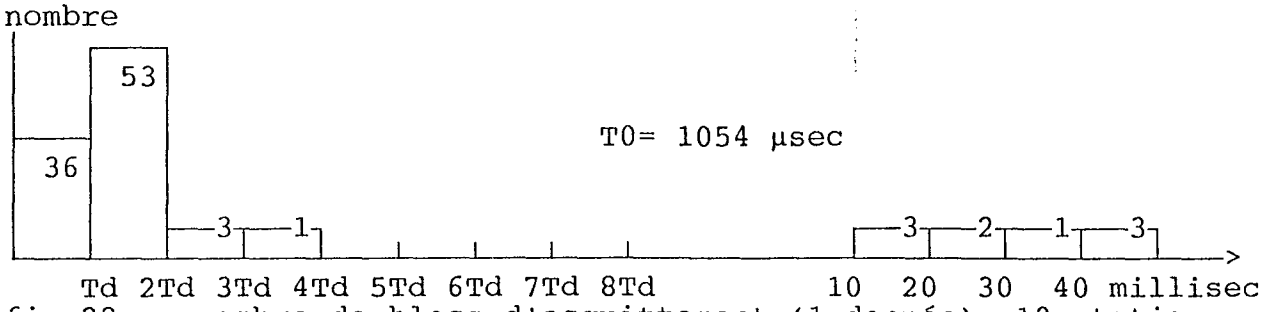


fig 22a : nombre de blocs d'acquittement (1 donnée), 10 stations

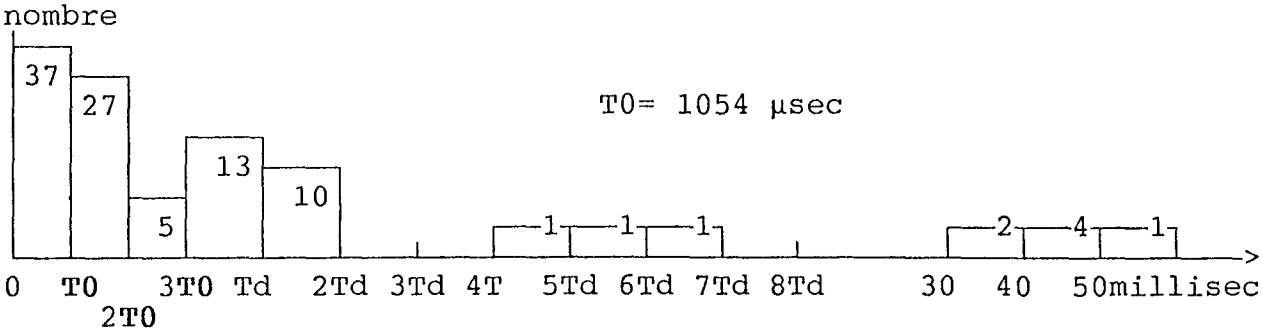


fig 22b : nombre de blocs d'acquittement (64 données), 10 stations

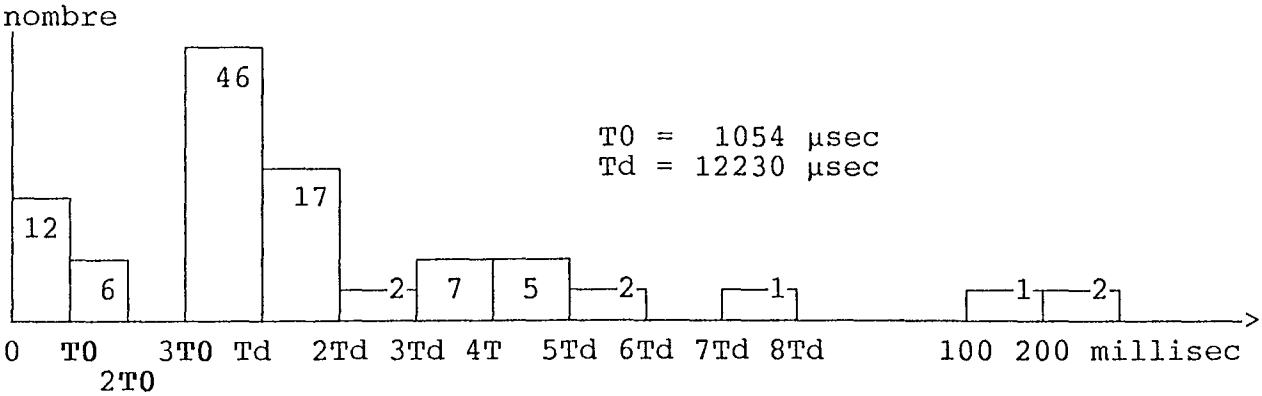


fig 22c: nombre de blocs d'acquittement (254 données), 10 stations

taille données	durée d'accès (en µsec) bloc d'acquittement moyenne	écart type	charge totale (en %)
1	3813.40	8576.73	70.24
64	5512.77	10994.21	80.00
254	21396.00	41142.72	95.72

figure 22d: moyenne- écart-type, blocs d'acquittement, 10 stations

IV.6 Les collisions

Durant les mesures des délais d'émissions des blocs, nous avons relevé le nombre de collisions sur les 2 stations témoins.

Le nombre de collisions est donné par le simulateur de charges. Il utilise le service "état des compteurs de MVBS" (cf II.5.8.7). Ce service ne fait aucune distinction sur les priorités des blocs émis. Les relevés se font :

- sur les stations 05 et 0F
- sur une durée de 30 minutes

COLH est le nombre de collisions matérielles.

COLS est le nombre de collisions logicielles.

(cf II.4.7.2 à II.4.7.2).

IV.6.1 Les collisions sur deux stations

taille données	nombre de collisions (en %) station 05		station 0F		charge totale (en %)
	COLS	COLH	COLS	COLH	
1	0.376	2.42	0.083	1.32	35.16
64	0	0.001	0	0.001	56.56
254	0	0	0	0	73.25

figure 23 : Pourcentage des collisions , 2 stations

Pour 64 et 254 données, le partage du canal de transmission s'effectue sans heurts sur nos 2 stations, une fois l'une, une fois l'autre.

Pour 1 donnée, les collisions sont plus "nombreuses" mais toujours négligeables, largement inférieures à 1%.

Rappelons que les collisions matérielles "COLH" n'entrainent pas une chute de la charge utile. Après détection d'une collision matérielle, le MVBS émetteur bascule en réception sans perte du bloc.

IV.6.2 Les collisions sur dix stations

taille données	nombre de collisions (en %) station 05		station 0F		charge totale (en %)
	COLS	COLH	COLS	COLH	
1	10.40	20.57	0	20.28	66.08
64	18.92	54.87	16.21	55.62	77.20
254	34.76	107.44	33.19	106.42	94.72

figure 24 : Pourcentage des collisions , 10 stations

Le nombre de collisions matérielles est important mais n'altèrent pas la charge utile du réseau. Elles ne décalent qu'une émission. Pour les trames de 254 données, on remarque un taux supérieur à 100%. Vu les histogrammes 21c et 22c, une émission accèdera au câble après plusieurs tentatives d'émission infructeuse.
Les collisions logicielles sont inférieures aux collisions matérielles.
Pour savoir si les collisions logicielles ont pénalisées le réseau, il faut considéré le nombre de répétitions (figure 13).

stations :	05	0F
pourcentage de blocs de données émis :	15.30%	14.41%
pourcentage de blocs répétés émis :	0.98%	1.82%

Nous en déduisons que 6,40% et 12.30% des blocs émis ont été réellement répétés pour respectivement des stations 05 et 0F
Les autres collisions matérielles ont été récupérées par le logiciel.

Remarque :

Zéro pour-cent de collisions logicielles sur la station 0F, pour une donnée, signifie seulement que cette station fut privilégiée durant cette campagne de mesures. Excepté ce cas, les collisions sont équivalentes sur les deux stations. Cependant ceci n'est pas une règle générale.

IV.7 Conclusion de l'évaluation des performances

Il existe autant d'évaluation des performances d'un RLI, d'un accès réseau que de sujets et d'auteurs. Dans un cadre, que nous nous sommes fixés, adapté aux conditions que rencontrent les réseaux **LAC2** et maintenant **LACMIC** à base de bus **VOLUBILIS**, nous avons voulu tester le bus dans différentes conditions de charges appliquées. Celles-ci ont été choisies élevées pour indiquer les limites d'utilisation du réseau.

Le réseau **VOLUBILIS ne s'écroule pas sous les fortes et très fortes charges appliquées.** La charge utile sature à une valeur (entre 70% et 90%) qui dépend des paramètres de configuration du réseau. Le faible rapport de la vitesse de transmission et de la taille des blocs de données en font un réseau très sensible à la longueur des blocs.

La charge perdue (par collisions, par répétitions VOLUBILIS) augmente lentement avec la charge appliquée, la longueur du médium et la taille des données.

Les délais d'émission ont été prévus pour un accès rapide au médium. En cas de collisions, le retard amené par les délais de collisions décalent fortement les ré-émissions. Le spectre de VOLUBILIS est large. Le délai de "time-out" pour le processeur hôte est de une seconde.

La gestion des priorités du macrocomposant permet de réduire la plage du délai d'émission.

Le macrocomposant MVBS détecte aux fortes charges beaucoup de collisions mais sa logique matérielle et logicielle permet d'éviter la majorité des cas rencontrés.

CONCLUSION

Le bus **VOLUBILIS** commercialisé par la société COMPEX est apparu sur le marché en 1988 sous la forme d'un macrocomposant **MVBS**. Nous avons décrit son mode de fonctionnement, ses services, ses protocoles d'échanges ainsi que les outils développés, analyseur de réseau, simulateur de charges utiles sinon nécessaires à son exploitation. Les qualités de **VOLUBILIS** sont sa simplicité d'utilisation, son intégration facile, son entretien réduit,sa bonne tenue en charge.

Le bus **VOLUBILIS** est intégré principalement dans les communicateurs **LAC2** et **LACMIC** de COMPEX.

Cependant le macrocomposant **MVBS** peut aussi être vendu en tant que composant d'accès réseau uniquement pour toute application de communication. Ainsi la régie RENAULT l'a placé à l'intérieur de véhicule dans le cadre du projet PROMETHEUS; quatre voitures en sont actuellement équipées.

L'évolution des produits industriels tend aujourd'hui vers des produits normalisés et standards. La bataille pour les normalisations des réseaux de terrain est un exemple à méditer.

Cependant entre l'annonce d'un projet de norme et la commercialisation du produit, il existe un délai égal parfois à la durée de refroidissement du canon.

C'est pourquoi, le bus **VOLUBILIS** et les réseaux associés **LAC**, **LAC2** et **LACMIC** sont des réponses actuelles, au niveau des réseaux d'atelier-cellule, à tous ceux qui veulent aujourd'hui entreprendre une réalisation **CIM**. Ils permettent de résoudre les problèmes pressants et d'appréhender la circulation d'informations dans les usines de demain.

BIBLIOGRAPHIE

ACE.89 La tribune de l'ACERLI,numéro 2, septembre 1989

AFI.89 F.AFILAL
"Evaluation et modélisation des performances temporelles de messageries industrielles"
Thèse de l'Université de Nancy I, juillet 89

ANA.88 COMPEX
"Logiciel analyseur LAC2 sous PC-DOS"
MUT-015-VBF, 1988

BIL.86 T.BILLOIR
"Protocoles de communication et mécanismes exécutifs pour réseaux locaux temps réel"
Séminaire ADI "Les réseaux locaux en productique" NANCY 1986

BOU(1).89 K.BOUNEMA
"Gestion de réseaux OSI : le véritable départ ?"
Minis&micros, numéro 324, juin 1989

BOU(2).89 K.BOUNEMA
"Normalisation des réseaux - la couche application et la gestion des réseaux"
Ed Eyrolles,1989

BRO.88 J.Y BRON
"Intégration de la production : communication entre atelier, CFAO et GPAO Application à l'entreprise CGEE ALSTHOM-MT, NANCY"
Thèse de l'Université de Nancy I, juillet 88

CAS.88 B. CASSEN
"Les moyens de s'affranchir du travail aliéné"
Le monde diplomatique, mai 1989

DIG.82 DIGITAL
"Introduction to Local Area Networks",1982

EST.89 F.ESTIENNE
"Administration de réseau : l'indispensable normalisation"
Telecoms International - juillet-aout 1989

FFS.89 S. FRANCIS, V.S. FROST, D.L. SOLDAN
"Measured Ethernet Performance for Multiple Large File Transfers"
IEEE LCN conference Minneapolis, 1989

GAU.88 T. GAUDIN
"Les métamorphoses du futur"
Ed Economica, 1988

GTH.84 D. GALARA, J.P. THOMESSE
"Groupe de reflexion FIP"
Ministère de l'industrie et de la recherche

INT.86 INTEL
"UPI-452, CHMOS single chip slave microcontroller", 1986

ISO(1).84 ISO/TC/97/SC6
"Text for ISO/DIS 8802-2.2, Logical Link Control"
october 1984

ISO(2).84 ISO/TC/97/SC6
"Token-Passing Bus Access Method and Physical Layer Specifications", december 1984

ISO(3).89 "Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications", janvier 1989

LEP.86 F. LEPAGE
"Proposition d'un réseau local industriel hétérogène. Application à un ilôt automatisé de production"
Thèse d'état, Université de Nancy I, mars 86

LEP.89 F. LEPAGE - F. AFILAL - P. ANTOINE - E. BAJIC - J.Y. BRON - T. DIVOUX
"Les réseaux industriels"
Ed HERMES. Mars 1989

MAI.89 M. MAISON
"Analyseur de réseau"
Minis&micros, numéro 329, octobre 1989

MIC.89 COMPEX
"Messagerie Industrielle COMPEX- spécification", octobre 89

MIL.87 P. MILLET
"Transmission et réseaux locaux"
Ed MASSON

MVB(1).87 COMPEX
"Macrocomposant MVBS interface logiciel, présentation client", STD-060-CPX, 1987

MVB(2).87 COMPEX
"Macrocomposant MVBS interface logiciel, couche liaison"
STD-061-CPX, 1987

MVB(3).87 COMPEX
"Macrocomposant MVBS interface logiciel, couche compatible réseau LAC", STD-062-CPX, 1987

MVB(4).89 COMPEX
"Macrocomposant MVBS, manuel technique"
MAT-007-VBF, 1989

MVB(5).87 COMPEX
"VOLUBILIS interface logiciel analyseur MVBS et IBM-PC"
STD-058-CPX, 1987

REL.89 "Réseaux locaux"
Séminaire-conseil de J.P. Bouhot & Y. Cognet, novembre 1989

ROL.87 P.ROLLIN
"Mesure de systèmes repartis et réseaux"
Thèse d'état, Université de Rennes I, octobre 1987

RUS.89 S.RUSELLE
"Normes: état de l'art"
La tribune de l'ACERLI,numéro 2, septembre 1989

- ANNEXE 1 -

- Les services de la sous-couche LLC -

Les services du mode sans connexion :

Les primitives de ce mode se résument à l'émission (request) et la réception (indication) de données. Ces primitives (données avec la structure IEEE, ils n'ont pas de services response) se nomment:

L_UNITDATA request
(source_address,destination_address,data,priority)
L_UNITDATA indication
(source_address,destination_address,data,priority)

Les services avec connexion :

Les primitives de ce mode s'augmentent des primitives d'acquittement (confirm) et de gestion de la connexion. Ces primitives se nomment :

La transmission de données :
L_DATA request (source_address,destination_address,data)
L_DATA indication (source_address,destination_address,data)
L_DATA confirm (source_address,destination_address,status)

L'établissement d'une connexion :
L_CONNECT request (source_address,destination_address,priority)
L_CONNECT indication
(source_address,destination_address,status,priority)
L_CONNECT confirm
(source_address,destination_address,status,priority)

L'arrêt d'une connexion :
L_DISCONNECT request (source_address,destination_address)
L_DISCONNECT indication
(source_address,destination_address,reason)
L_DISCONNECT confirm (source_address,destination_address,status)

La remise à zéro d'une connexion:
L_RESET request (source_address,destination_address)
L_RESET indication (source_address,destination_address,reason)
L_RESET confirm (source_address,destination_address,status)

Le contrôle de flux:
L_CONNECTION_FLOWCONTROL request
(source_address,destination_address,amount)
L_CONNECTION_FLOWCONTROL indication
(source_address,destination_address,amount)

SIM.88 COMPEX
Manuel d'utilisation du micrologiciel SIMUL
MUT-011-VBF, 1988

STA.87 W. STALLINGS
"Local networks" 2ème édition
Ed Mac Millan

Les services sans connexion avec acquittement :

Les primitives de ce mode sont au nombre de 6 :

L'émission (request), la réception (indication) et l'acquittement (_STATUS confirm) de données :

L_DATA_ACK request
(source_address,destination_address,data,priority)
L_DATA_ACK indication
(source_address,destination_address,data,priority)
L_DATA_ACK_STATUS indication
(source_address,destination_address,priority,status)

La demande de données à une station passive :
L_REPLY request (source_address,destination_address,data,priority)
L_REPLY indication
(source_address,destination_address,data,priority)
L_REPLY_STATUS indication
(source_address,destination_address,data,priority)

L'émission d'une trame de données vers une station passive :
Cette primitive est associée à L_REPLY
L_REPLY_UPDATE request (source_address,data)
L_REPLY_UPDATE_STATUS indication (source_address,status)

- ANNEXE 2 -
- La structure d'un PDU -

Le format d'un PDU

Le format d'un PDU comprend 4 champs:

- **DSAP** : champ adresse du point d'accès du service destinataire
- **SSAP** : champ adresse du point d'accès du service source
- **Control** : champ de contrôle
- **Information** : champ information

DSAP address	SSAP address	Control	Information
8 bits	8 bits	8 ou 16 bits	M*8*bits

M est un nombre entier supérieur ou égal à zéro

sa valeur supérieure est fonction de la sous-couche MAC utilisée.

Le champ DSAP :

Le champ DSAP représente l'adresse destinaire, couche LLC.

Il se divise en 2 champs :

- bit 1 : I/G, définit si l'adresse est unique (I="Individual")
  ou multiple (G="Group")
  I/G =0=I, destinataire unique
  =1=G, destinataire multiple

- bits 2 à 8 : D = bit adresse destinataire
  63 valeurs possibles

bit	1	2	3	4	5	6	7	8
	I/G	D	D	D	D	D	D	D

2 valeurs de DSAP sont particulières :
X0DDDDDDD : adresse destinataire unique DSAP
X1DDDDDDD : réservé à l'ISO

Une adresse DSAP globale est définie par tous ses bits à 1.

bit	1	2	3	4	5	6	7	8
	1	1	1	1	1	1	1	1

figure : DSAP global

Le champ SSAP :

Le champ SSAP définit l'adresse source du LLC émetteur.

Il se divise en 2 champs :

- bit 1 : C/R =0=C, commande (C="Command")
  =1=R, réponse (R="Response")

- bits 2 à 8 : S = bit adresse source
  63 valeurs posibles

bit	1	2	3	4	5	6	7	8
	C/R	S	S	S	S	S	S	S

2 valeurs de SSAP sont particulières :
X0SSSSSSS : adresse source unique SSAP
X1SSSSSSS : réservé à l'ISO

Les SSAP globaux n'existent pas.

Tous les bits à zéro dans les champs SSAP ou DSAP définissent une adresse "nulle". Cette valeur n'est pas utilisée en temps que point d'entrée mais désigne la sous-couche LLC associée avec l'adresse du point d'entrée service de MAC.

bit	1	2	3	4	5	6	7	8
	0	0	0	0	0	0	0	0

figure : champs DSAP ou SSAP

Le champ CONTROL :

3 formats sont définis dans le champ "contrôle" pour l'émission.

- d'information numérotée, **format I** (Information)
- d'information de supervision, **format S** (Supervisory)
- d'information non numérotée, **format U** (Unnumbered)

bit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-16	
	0	N(S)							P/F	N(R)	Format I
	1	0	S	S	X	X	X	X	P/F	N(R)	Format S
	1	1	M	M	P/F	M	M	M			Format U

définition des bits du champ contrôle du PDU LLC

N(S) = (7 bits) numéro du bloc transmis (bit 2 : poids faible)
N(R) = (7 bits) numéro du bloc reçu (bit 10: poids faible)
S = (2 bits) bit de fonction superviseur
M = (5 bits) bit de fonction modification
X = (4 bits) bit réservé, mis à zéro
P/F = (1 bit) bit Poll, commande de transmission
= bit Final, réponse de transmission

La numérotation N(S)

Chaque sous-couche LLC entretient une numérotation indépendante pour chaque LLC destinataire. Cette numérotation est émise dans tous les PDU, de format I.
Le numéro est une valeur comprise entre 0 et 127 (modulo 128).
Il s'incrémente après chaque émission de PDU associé à une connexion, mais il ne doit pas être supérieur au dernier numéro reçu N(R) par un écart plus grand que 127.

La numérotation N(R)

Cette numérotation est émise dans tous les PDU, de format I et de format S.
Elle indique que la station a reçu correctement tous les PDU de format I, de numéro inférieur ou égal à N(R)-1.

Le bit commande-réponse P/F

Le bit P (Poll) signifie que la commande demande une réponse.
Le bit F (Final) indique que le bloc est une réponse.

Les fonctions superviseurs (format S)

Les 3 fonctions de supervisions sont soit des commandes, soit des réponses. Elles sont utilisées, dans le type 2, pour les acquittements de PDU de format I et pour les demandes de suspensions temporaires de transmission de format I.

S	S	abrév.	fonctions
0	0	RR	Receive Ready
0	1	REJ	Reject
1	0	RNR	Receive Not Ready
1	1	inutilisé	

RR (Receive Ready) :
- indique que le PDU est prêt à recevoir.
Les échanges des PDU numérotées jusqu'à N(R)-1 sont considérées acquittées.

REJ (REJect) :
- indique une demande de répétition des PDU numérotés N(R). Les échanges des PDU numérotées jusqu'à N(R)-1 sont considérées acquittées.

RNR (Receive Not Ready) :
- indique une impossibilité de traitement. Les échanges des PDU numérotées jusqu'à N(R)-1 sont considérées acquittées.

Les fonctions non numerotées (format U)

Les fonctions de format U dépendent du type considéré. Elles sont utilisées pour fournir des fonctions de contrôle et transmettre des informations non séquentielles.

bit 3 4 5 6 7 8

M	M	P/F	M	M	M	fonction
0	0	P	0	0	0	UI Commande
1	1	P/F	1	0	1	XID Commande/Réponse
0	0	P/F	1	1	1	TEST Commande/Réponse
1	1	P	1	1	0	SABME Commande
0	0	P	0	1	0	DISC Commande
0	0	F	1	1	0	UA Réponse
1	1	F	0	0	0	DM Réponse
1	0	F	0	1	0	FRMR Réponse

tableau des fonctions non numérotées

Les fonctions non numérotées de type 1

Il existe 3 commandes et 2 réponses pour les fonctions de type 1.

UI (Unnumbered Information) Commande :
- sert à l'envoi de données d'informations à une ou plusieurs sous-couches LLC.

XID (eXchange IDentification) Commande ou Réponse :
- sert à envoyer le type de services LLC supporté et à définir la taille de la fenêtre de réception. La taille est le nombre maximum d'émission de numéro N(S) qui peuvent être reçu sans envoi de réponses de numéro N(R).
Cette commande demande une réponse XID dans le meilleur délai.

TEST Commande ou Réponse :
- sert à demander une réponse TEST dans le meilleur délai au destinataire LLC.

Les fonctions non numérotées de type 2

Il existe 2 commandes et 3 réponses pour les fonctions de type 2.

Les PDU de commande :

SABME (Set Asynchronous Balanced Mode Extended) Commande :

- sert à établir une connexion en mode asynchrone équilibré avec le destinataire LLC. Une fonction SABME ne contient pas de données d'information.

Le LLC destinataire doit répondre dans le meilleur délai un PDU réponse UA ou DM.

DISC (DISConnected) Commande :

- sert à terminer une connexion asynchrone initialisé par la fonction SABME. Une fonction DISC ne contient pas de données d'information.

Le LLC destinataire doit répondre dans le meilleur délai un PDU réponse UA.

Les PDU de réponse :

UA (Unnumbered Acknowledgment) Réponse :

- sert à reconnaitre la réception et l'application demandée au PDU de commande SABME et DISC.

DM (Disconnected Mode) Réponse :

- sert à donner l'état indiquant que le destinataire LLC est bien deconnecté.

FRMR (FRaMe Reject) Réponse :

- sert, en mode asynchrone équilibré, à refuser un PDU car un paramètre est erroné. Le champ information d'une fonction FRMR explique l'erreur.

exemple : reception d'une commande ou d'une réponse inconnue

La sous-couche LLC réceptrice d'une fonction FRMR est responsable de la correction de cette erreur.

TYPE	Commandes	Réponses
1	UI XID TEST	 XID TEST
2	I RR RNR REJ SABME DISC	I RR RNR REJ UA DM FRMR

Résumé des fonctions connues en type 1 et 2

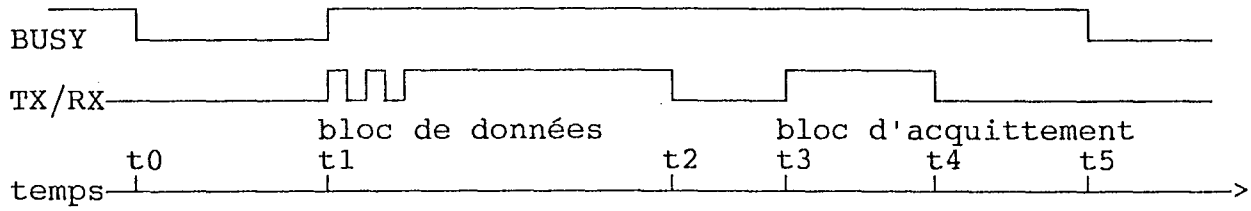
- ANNEXE 3 -

Valeur théorique de charge maximale du réseau VOLUBILIS

Calcul de la durée d'émission d'un bloc de données VOLUBILIS : en point à point

L'émission normale d'un bloc de données en point à point sur le réseau VOLUBILIS peut être divisée en 5 durées. Pour ce calcul, on ne considère que les cas de bon fonctionnement, sans collisions, sans répétitions VOLUBILIS.

Sur ces 5 durées, 3 sont fixes, 2 sont variables.



t0 : heure de chute du précédent BUSY
t1 : heure de montée du BUSY et du début d'émission du bloc de données
t2 : heure de fin d'émission du bloc de données
t3 : heure de début d'émission du bloc d'acquittement
t4 : heure de fin d'émission du bloc d'acquittement
t5 : heure de chute du BUSY

Un caractère, sur le réseau, a 11 bits (bit start, 8 bits de données, 1 bit de parité, bit stop). La vitesse étant de 250 kilo-bits par seconde. Un caractère a une durée de 44 microsecondes.

t1-t0 = durée du délai "d'accès réseau" lancé avant chaque émission.
La valeur est comprise entre 44 et 92 microsecondes.
Pour le calcul, considérons une valeur moyenne de 80 µsec.

t2-t1 = durée du bloc de données est variable.
Elle est fonction de l'adresse source du bloc et la taille des données.
L'adresse source du bloc fixe les délais DELAI_1, DELAI_2 (cf II.4.3.11). Les délais sont compris entre 4 µsec et 120 µsec.
Pour le calcul, considérons une valeur moyenne de 60 µsec.
Un bloc de donnée comprend 10 octets fixes et de 0 à 511 données.

La formule est 60 + 10 * 44 + N * 44 microsecondes.

t3-t2 = durée de retournement entre les 2 blocs.
La valeur moyenne est de 70 microsecondes.

t4-t3 = durée du bloc d'acquittement (3 octets)

La valeur est fixe égale à 132 (3 * 44) microsecondes.

t5-t4 = durée entre le dernier caractère et la chute du BUSY
La valeur est fixe,égale à 128 microsecondes.

La formule générale est :

t5-t0 = (t1-t0) + (t2-t1) + (t3-t2) + (t4-t3) + (t5-t4)
= 80 + 500 + N * 44 + 70 + 132 + 128 microsecondes
= 910 + N * 44 microsecondes

Durée d'occupation du bus VOLUBILIS pour des émissions
en point à point
T = 910 + N * 44 microsecondes
N = nombre d'octets dans le champ de données

Calcul de la durée d'émission d'un bloc de données VOLUBILIS :

en diffusion

La diffusion est une émission d'un bloc de données VOLUBILIS sans réception de bloc d'acquittement VOLUBILIS.

La formule, déduite pour la diffusion, est la formule générale précèdente auquelle on enlève :

- t3-t2, la durée de retournement entre les 2 blocs.
- et t4-t3, la durée du bloc d'acquittement (3 octets).

La formule devient :

t5-t0 = (t1-t0) + (t2-t1) + (t5-t4)
= 80 + 500 + N * 44 + 128 microsecondes
= 648 + N * 44 microsecondes

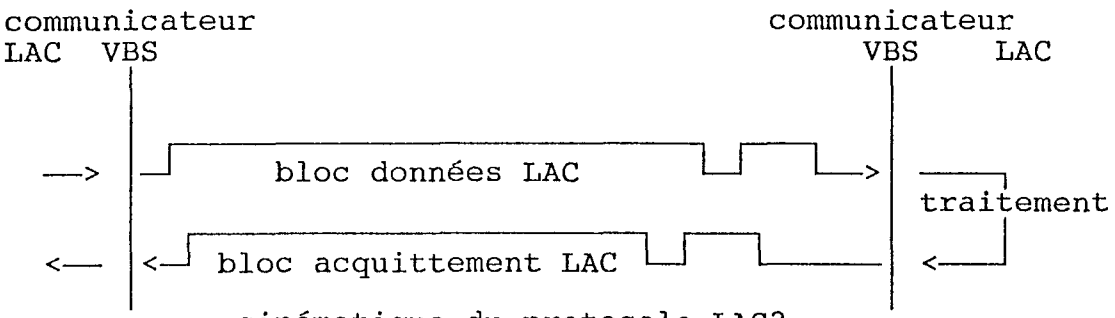
Durée d'occupation du bus VOLUBILIS pour des émissions
en diffusion
T = 708 + N * 44 microsecondes
N = nombre d'octets dans le champ de données

Calcul de la durée d'un échange LAC2 sur le bus VOLUBILIS :

en point à point

Le protocole LAC est de type avec acquittement pour les émis-

sions en point à point. Après chaque bloc de données LAC, le protocole LAC de la station réceptrice renvoie un acquittement LAC. Cette trame est de longueur unitaire. Elle comprend la fonction d'acquittement du protocole LAC.



cinématique du protocole LAC2

Si nous reprenons la formule de calcul de la durée sur réseau de chaque trame émise.

La formule devient :
t5-t0 = [t5-t0]données LAC + [t5-t0]acquittement LAC
t5-t0 = (910 + N * 44) + (910 + 1 * 44) microsecondes
= 1864 + N * 44 microsecondes

Durée d'occupation du bus VOLUBILIS (protocole LAC):
T = 1864 + N * 44 microsecondes
N = nombre d'octets dans le champ de données

NOM DE L'ETUDIANT : ZINS Damien

NATURE DE LA THESE : Doctorat de l'Université de NANCY I en Automatique et Informatique industrielle

VU, APPROUVE ET PERMIS D'IMPRIMER

NANCY, le 28 JUIN 1990 n° 1376

LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

UNIVERSITE DE NANCY I
LE PRESIDENT

M. BOULANGE

THESE DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

(Spécialité Automatique)

Auteur : ZINS DAMIEN

Etablissement: Université de NANCY I

Titre : "Le bus VOLUBILIS-Etude et développement de l'accès réseau, gestion et analyse de performances"

Mots-clés: CIM - Réseau local Industriel - bus VOLUBILIS - accès réseau - CSMA/CD/CA - Administration - Analyseur de réseau - Performances de réseau

Résumé: La maitrise des technologies de l'information par les entreprises est une nécessité actuelle pour son avenir. Les Réseaux Locaux Industriels (RLI) sont les réponses au niveau des ateliers et de l'usine. Les RLI disposent de divers accès réseau. Cette thèse présente un type accès réseau CSMA/CD/CA, nommé VOLUBILIS, commercialisé par la société COMPEX depuis 1988. Elle détaille sa couche liaison et décrit tous les outils nécessaires à l'utilisation de VOLUBILIS, son analyseur de réseau, ses performances en charge.

