

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Ecole Nationale Polytechnique

20/04



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Projet de Fin d'Etudes en vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur
d'Etat en Génie Electrique
Filière : Automatique

Présenté par :
M^r: Mohamed Abdelmoumène CHERGUI

Thème :

**Etude de synthèse sur les systèmes de communication industrielle
Application au convoyeur de bouteille de la chaîne
de production de PEPSI-COLA**

Promotion 2004

E. N. P. 10, Avenue Hassen Badi, El Harrach -ALGER

العنوان :

دراسة مجملة حول أنظمة الاتصالات الصناعية مطبقة على ناقل القارورات التابعة لشركة الإنتاج لبيبيسي كولا الجزائر.

الملخص :

هذه الدراسة تتضمن حول حوصلة من الأنظمة اتصالات و تطور هذه الأنظمة تخلق نوع جديد من الشبكات الاتصال الصناعي.

هذه الشبكات الاتصالية مرتبة على حسب أحوارها, و سند الإرسال, و بروتوكولاتها.

ولذلك تم تفصيل هذه البروتوكولات وكذلك مختلف طرق فرز المعلومات.

إن هذه الدراسة المفصلة لبروتوكولات الاتصالات مطبقة على مغير السرعة في محرك ناقل

القارورات لسلسلة إنتاج بيبيسي كولا.

المفتاح : بروتوكولات الاتصال, أنظمة الاتصالات الصناعية, مغير السرعة.

Titre :

Etude de synthèse sur les systèmes de communication industrielle Application au convoyeur de bouteille de la chaîne de production de PEPSI COLA.

Résumé :

Le présent travail porte sur synthèse de système de communication industrielle. L'évolution des systèmes de communication fait apparaître de nouveau réseau de communication industriel.

Les réseaux de communication sont classés selon les fonctionnalités, le support de transmission et le protocole de communication.

Les protocoles d'interconnexions seront détaillés ainsi que les différents types de routage.

Une étude détaillée d'un protocole de communication est appliquée sur un variateur de vitesse du convoyeur de bouteille de la chaîne de production de PEPSI COLA

Mots clés : Protocole de communication, système de communications industrielles, variateur de vitesse.

Title:

Study of synthesis on the industrial communication systems Application to the conveyor of bottle of the chain of production of PEPSI-cola.

Abstract:

This work concerns synthesis of industrial communication system.

The evolution of the communication systems reveals again industrial communication network. The communication networks are classified according to the functionalities, the support of transmission and the communications protocol.

The protocols of inter-connected will be detailed as well as the various types of routing.

A detailed study of a communications protocol is applied to a variable speed transmission of the conveyor of bottle of the chain of production of PEPSI COLA.

Key words: Communications protocol. Industrial system communication. Variable speed transmission.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent vivement à mon très cher enseignant Monsieur GUENFAF Lakhdar pour m'avoir encadré, aidé et encouragé tout au long de ce travail.

A monsieur D.Boukhetala d'avoir accepté de présider ce jury.

Mes remerciements s'adressent aussi à M.Teguar et A.Chergui d'avoir accepté d'examiner ce travail.

A madame Mohammedi Chef de maintenance et toutes l'équipe de PEPSI COLA pour son aide qu'elle m'a accordée.

A l'ensemble des enseignants de l'Ecole Nationale Polytechnique qui ont contribué à ma formation.

A tous ceux qui nous ont assistés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE



Introduction générale	1
Chapitre I	2
Introduction à la communication.....	2
I-1 Introduction.....	3
I-2 Définition de la communication.....	3
I-3 Evolution des moyens de communication utilisés dans l'industrie :	7
I-4 Conclusion	8
Chapitre II	9
Les Réseaux de communication.....	9
II-1 Introduction :	9
II-2 Classification des réseaux selon les besoins industriels.....	10
II-3 Les différentes architectures des réseaux.....	12
II-4 Topologie des réseaux.....	12
II-5 Support de transmission (Partie passive)	13
II-5-1 Le câble coaxial	14
II-5-2 Câble de pair torsadé.....	15
II-5-3 Fibre optique.....	17
II-5-4 Pair non torsadée est non blindée	18
II-5-5 Transmission sans fils	19
II-6 Les différents bus de communication dans l'échelle d'un PC	19
II-6-1 Bus ATA (Advanced Technology Attachment)	20
II-6-2 Bus AGP (Accelerated Graphics Port)	21
II-6-3 Bus ISA (Industry Standard Architecture).....	22
II-6-4 S-ATA (Serial ATA).....	23
II-6-5 Bus PCI (Peripheral Component Interconnect)	23
II-6-6 Bus PCI EXPRESS.....	24
II-6-7 Interface SCSI (Small Computer System Interface):.....	24
II-6-8 Bus USB (Universal Serial Bus):	25
II-6-9 Bus Firewire	26
Le bus IEEE 1394 a été mis au point à la fin de l'année 1995 afin de fournir un système d'interconnexion permettant de faire circuler des données à haute vitesse.	26
II-7 Procédure d'accès	27
II-7-1 Type déterministe	27
II-7-2 Type compétition	27
II-7-3 Type mixte.....	28
II-8 technologie d'interconnexions :	28
II-9 L'Internet et l'automatisation :	31
II-10 Conclusion.....	34

Chapitre III	35
Protocoles de communication.....	35
III-1 Introduction.....	37
III-2 Standardisation des protocoles.....	37
III-3 Le modèle de l'Open System Interconnexion (OSI).....	37
III-3-1 Définition de la couche physique.....	39
III-3-2 Définition de la couche liaison.....	46
III-3-3 La couche réseau.....	46
III-3-4 La couche transport.....	46
III-3-5 La couche session.....	47
III-3-6 La couche présentation.....	47
III-3-7 La couche application.....	47
III-4 Le protocole TCP/IP.....	49
III-4-1 La couche Lien.....	52
III-4-2 La couche IP.....	53
III-4-3 La couche transport.....	53
III-4-4 Couche d'application.....	53
III-5 Le protocole IP :.....	53
III-6 L'adresse IP.....	55
III-7 Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol).....	56
III-8 Le Protocole ARP (Address Resolution Protocol) :.....	58
III-9 Routage IP.....	59
III-10 Protocole de routage.....	59
III-11 UDP (User Data Protocol).....	61
III-12 TCP (Transmission Control Protocol).....	62
III-6 Conclusion :.....	64
Chapitre IV	64
Application au convoyeur de bouteille.....	64
de PEPSI COLA.....	64
IV-1 Introduction.....	65
IV-2 Description du convoyeur de bouteille :.....	65
IV-3 Présentation du variateur de vitesse Danfoss.....	70
IV-4 Mode de programmation du variateur de vitesse.....	76
IV-5 Description du protocole de communication.....	77
IV-5-1 Les messages d'erreur.....	80
IV-5-2 Transfert de données.....	81
IV-5-3 Lecture des caractéristiques d'un paramètre d'un variateur de vitesse.....	83
IV-5-4 Commande d'un variateur de vitesses.....	86
IV-6-5 Les références de communication.....	93
IV-7 Conclusion.....	94
Conclusion générale	95
Bibliographie.	
Annexes.	

Introduction générale

Durant la dernière décennie du vingtième siècle, le monde industriel a connu une évolution rapide et ce, grâce en grande partie, à la mise en œuvre des réseaux d'information et de communication et le développement des outils de base tel que les automates et les ordinateurs.

L'ensemble des fonctions ou des tâches industrielles, scientifiques et administratives ; de précisions ou complexes, sont assumées par des automates programmables, des robots et des ordinateurs. Toutes les activités industrielles, scientifiques et administratives sont concernées par ces systèmes d'automatisation, à savoir: Industries métallurgiques et sidérurgiques, industries agroalimentaire et alimentaires, industries pharmaceutiques, médecine et recherche scientifiques, industries stratégiques, industries électroniques, industries aéronautiques et aérospatiales, machines industrielles, gestion des ressources humaines et des crédits.....

Le développement technologique dans la communication a besoin d'une maîtrise dans sa mise en œuvre et sa maintenance pour arriver à un meilleur rendement.

Ainsi, sans la connaissance profonde de cette technologie de pointe, l'automatisation des différentes fonctions industrielles ne peut aboutir aux résultats escomptés car la synchronisation des différentes chaînes de production industrielles ainsi que la maîtrise des moyens de production nous amène à mettre en place un système de communication et d'automatisation fiable répondant au souci d'apporter une amélioration dans la rentabilité économique et technologique.

Bien que notre industrie en général n'est pas encore automatisée comme celle des pays industrialisés, nous devrions, dès à présent, diagnostiquer les réseaux de communication existants et connaître à maîtriser les équipements disponibles et rechercher à approfondir nos connaissances afin de relever le défi industriel à la hauteur des nouvelles technologies.

Les réseaux de communication se différencient suivant leurs destinations et l'importance accordée à l'information industrielle. Ils dépendent essentiellement de la fiabilité de transmission de l'information, du temps de transmission et de réception ainsi que l'assurance et la sécurité accordées à l'information.

Le but de notre travail est de contribuer à l'étude de synthèse sur les systèmes de communication industrielle en prenant comme application le convoyeur de bouteille de la chaîne de production l'unité ABC de Pepsi cola.

Le travail que nous présentons est constitué de quatre chapitres.

Dans le chapitre I ; nous allons donner quelques définitions de la communication ainsi que les différents moyens utilisés dans l'industrie.

Une étude de synthèse des architectures de communication en procédant par une classification des réseaux selon le besoin industriel ainsi que les différents topologies et supports de transmission et le bus à l'échelle machine séquentielle sont développés dans le chapitre II.

Dans le chapitre III, nous avons développé une synthèse globale de différents protocoles.

Le choix d'une chaîne de PEPSI Cola comme application pratique dans le monde industriel, l'étude de l'aspect commande des actionneurs de puissance, une discussion et une analyse du mode et du protocole de communication avec les différents états du système sont présentées dans le chapitre IV

Et à la fin une conclusion générale avec des recommandations y seront présentées.

I-1 Introduction

Le progrès technique a permis le développement de l'informatique et l'émergence de nouveaux réseaux de communication. Les réseaux de communication se différencient suivant leurs destinations et l'importance accordée à l'information industrielle.

Les réseaux de communication peuvent être classés selon :

- Le temps de réponse à chaque sollicitation
- La fiabilité dans la transmission des données
- L'assurance et la sécurité accordées à l'information
- Le coût de revient du système de communication

Dans ce qui se suit ; nous allons donner quelques définitions de la communication ainsi que les différents moyens utilisés dans l'industrie.

I-2 Définition de la communication

La communication est toute opération permettant un échange ou un transfert d'information entre deux entités, l'un est appelé émetteur et l'autre appelé récepteur. Mais pour que le transfert d'information soit possible, il faut au moins que l'un des deux entités se comprennent. Mais la communication ne se réduit pas à l'échange verbal, mais à d'autres systèmes de communication qui se sont apparus grâce au progrès technique. Quelques systèmes de communication utilisés se sont apparus au fil des années, parmi eux, on cite :

- L'écriture
- Les pigeons voyageurs.
- Les signaux de fumée (amérindiens),
- La poste (lettre)
- Le télégraphe à bras en 1794 par Claude Chappe.
- Le télégraphe électrique en 1832 par Samuel Morse,
- Télégraphe de Hughes en 1850 (télégraphe utilisant un clavier de 28 touches),
- Télégraphe quadruplex en 1874 par Thomas Edison (transmet plusieurs messages dans un seul fil électrique)
- Le téléphone en 1877 par Alexandre Graham Bell,
- Radio en 1895 par Guglielmo Marconi.

L'apparition de l'ordinateur a révolutionné la technologie qui devient le support de base de la communication entre les humains. En 1938, le premier ordinateur utilisant le binaire est inventé par Konrad Zuse (Z3). En 1945, le premier ordinateur comportant uniquement des lampes à vide (plus d'éléments mécaniques) fut inventé par J. Mauchly et J. Presper Eckert : nommé ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) [1]. L'ENIAC était en effet uniquement programmable manuellement avec des commutateurs ou des câbles à enficher. Petit à petit la technique s'améliore, on utilise des bandes perforées puis des cartes perforées (perforatrice IBM 010) et les sorties sont faites sur imprimante. L'affichage se fait plus tard sur écran (terminal vidéo).

En 1948, fut la création du transistor par la firme Bell Labs, il permet de rendre les ordinateurs des années 50 moins encombrants et plus économiques.

La réduction de la taille et du coût de l'ordinateur est rendue possible grâce à la mise au point en 1958 du premier circuit intégré par Texas Instruments.

En 1960, IBM a mis sur le marché du premier ordinateur à base de transistor (IBM 7000).

Au début des années 1970, les premiers grands systèmes informatiques se composent d'ordinateurs centraux, volumineux et fragiles, auxquels accèdent en temps partagé des terminaux passifs (sans puissance de calcul). Ces systèmes constituent en quelque sorte les premiers réseaux informatiques, mais les communications réalisées demeurent élémentaires.

La figure I-1 montre un réseau informatique type des années 1970 à 1980.

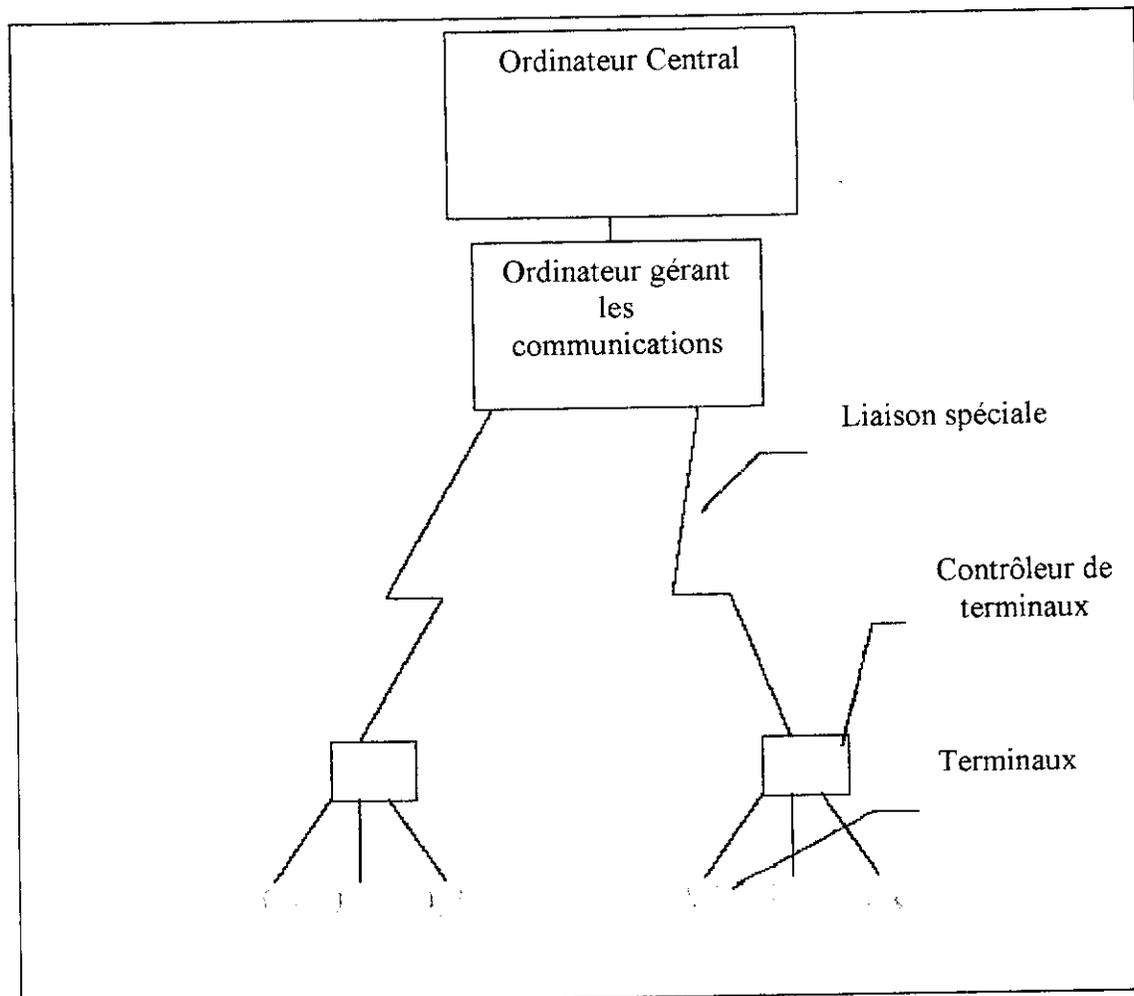


Figure I-1 Schéma d'un réseau informatique centralisé des années 1970 à 1980 [1]

En 1971 apparaît le premier micro ordinateur (Kenback 1) et le premier micro processeur Intel 4004 qui pouvait effectuer des opérations sur 4 bits.

En 1972 et 1973, il fut l'apparition du processeur 8008 Intel qui pouvait effectuer des opérations sur 8 bits. Il a été utilisé sur des micro ordinateur : Micral et Altair 8800 avec 256 octet de mémoire. A la fin de l'année 1973, on commercialise déjà des processeurs 10 fois plus rapide que le 8080 Intel et comportant une mémoire de 64 Ko.

Steve Wozniak et Steve Jobs créent en 1976 Appel I (une carte mère informatique pré assemblée) qui possède un clavier, un micro processeur 1 MHz, une RAM de 4 Ko, et un 1Ko de mémoire vidéo.

C'est en 1976 que la société Xerox a mis en place un schéma d'un réseau Ethernet pour la connexion des différents microordinateurs dans les bureaux.

En 1981 commence la commercialisation du premier « PC » IBM équipé d'un processeur 8088 et doté d'une fréquence de 4.77 MHz.

Au cours des années 80, l'adoption en masse des micro-ordinateurs et d'une manière plus générale la démocratisation de la puissance de calcul, bouleverse complètement le monde informatique. Les grands systèmes sont alors massivement décentralisés, si bien que l'importance des réseaux informatiques s'en trouve multipliée, de par le nombre de machines connectées, les quantités de données échangées et la diversité de nature des communications.

Pour assurer la communication entre leurs équipements informatiques (micro-ordinateurs, imprimantes, stations de travail d'un système client / serveur), les entreprises installent des réseaux locaux, souvent désignés par les abréviations RLE (Réseau local d'entreprise) ou LAN (Local Area Network).

La figure I-2 montre un schéma simplifié d'un réseau local.

Chaque constructeur a développé son propre réseau informatique avec son langage propriétaire. Ceci permet de garder la clientèle captive.

Mais la nécessité d'interconnecter plusieurs réseaux locaux apparaît dans les entreprises qui disposent de plusieurs établissements ou dans celles qui désirent communiquer entre elles et s'échanger des informations. Assurer cette interconnexion consiste à établir un dialogue entre des machines d'origines diverses ; celles-ci peuvent être en outre reliées par des modèles différents de réseaux. L'objectif est d'assurer aux utilisateurs une parfaite transparence de l'interconnexion, quels que soient les divers protocoles mis en œuvre par les équipements de communication.

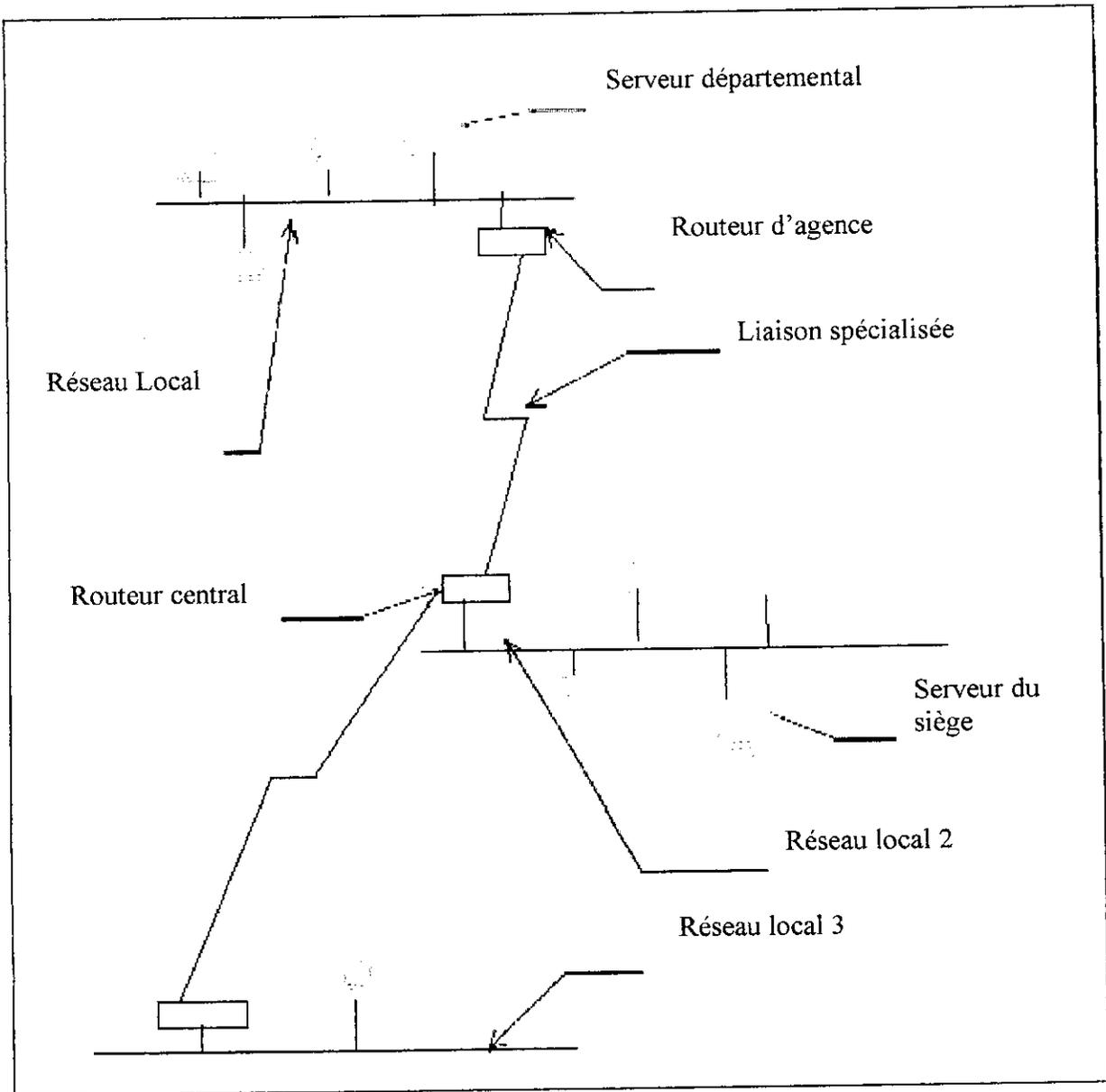


Figure I-2 Schéma d'un réseau local [1]

I-3 Evolution des moyens de communication utilisés dans l'industrie :

Les moyens de communication utilisés dans l'industrie se sont tellement développés ces dernières années et ce du fait de la masse importante d'informations à circuler entre les équipements des différentes unités industriels. Un des premiers moyens utilisés est l'utilisation de la boucle de courant analogique 4-20mA et qui se traduit par la transmission de la valeur lue par le capteur sous forme de courant. Par exemple pour le cas d'un capteur de température qui mesure une température entre 40° et 100°, la valeur 4mA signifie 40° et la valeur 20mA signifie 100°. La boucle de courant 4-20mA est constituée d'un émetteur, d'un récepteur, d'une alimentation électrique et des fils de boucle.

La figure I-3 montre les différents constituants de la boucle de courant.

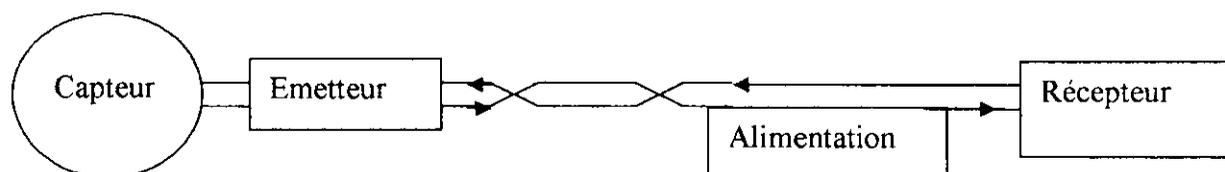


Figure I-3 les différents constituants de la boucle de courant

L'émetteur est composé d'un capteur qui va mesurer la grandeur physique, ces grandeurs physique vont être transmises grâce à un émetteur de courant 4-20 mA.

Le récepteur peut être un afficheur digital ou d'une table d'enregistrement.

La boucle est constituée de deux fils caractérisés par leurs faibles résistances. Ces fils sont munis d'une bonne protection contre la foudre et ont la propriété de minimiser le courant de fuite. Ce moyen de communication permet de transmettre un signal analogique sur de grande distance sans perte ou modification de signal. [2]

L'introduction de l'informatique dans les processus industriel fait apparaître de nouveau réseau local industriel appelé bus de terrain.

Initialement, le bus de terrain avait pour objectif de remplacer la boucle de courant 4-20mA [3], et actuellement sa fonction s'est élargie pour permettre de:[2]

- Diminuer massivement les câblages.
- Réduire le temps de l'installation.
- Réduire le matériel nécessaire à l'installation.
- Diminuer la complexité de l'installation et faciliter sa maintenance.
- Réduire le temps de dépannage (localisation rapide, diagnostique).
- Avoir une meilleure flexibilité d'extension du réseau.
- Assurer la transmission des données sans erreur.
- Distribution du contrôle (Distribution de l'intelligence).
- Assurer l'interopérabilité (Possibilité de communiquer avec d'autres réseaux).

I-4 Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre que grâce à l'évolution technique de la communication et la démocratisation de la puissance de calcul des microprocesseurs, les bus de terrain ont pu solutionner certains problèmes liés à l'industrie.

II-1 Introduction :

Dans le domaine industriel, les constructeurs offrent aux clients une multitude de produits. Chaque produit d'un constructeur possède sa propre définition, sa fonctionnalité, sa performance [1].

Pour intégrer ces différents produits de classes différentes dans une architecture de communication, elle nécessite l'utilisation des équipements d'interconnexion.

On s'intéresse dans ce chapitre à présenter une étude de synthèse des architectures de communication. Nous avons procédé par une classification des réseaux selon le besoin industriel.

En suite les différentes topologies et les supports de transmission seront exposés en dernier lieu le bus à l'échelle machine séquentielle sont indiquées afin d'avoir un aspect de distance métrique pour la communication.

II-2 Classification des réseaux selon les besoins industriels

Pour aider le client à choisir le produit convenable, une pyramide CIM (Computer Integrated Manufacturing) a été mise en œuvre pour décrire les différents niveaux qui intègrent les fonctions de l'entreprise.

La réalisation de chaque fonction de l'entreprise est liée à l'échange d'information entre le niveau inférieur et le niveau supérieur. Chaque niveau est défini par la taille de donnée échangée et par le temps d'échange des données.

Les niveaux de la pyramide de CIM peut être défini comme suit [2]:

- **Capteurs Actionneurs** : Il permet l'acquisition des données et la réaction sur terrain.
- **Commande de processus** : Il permet le pilotage du processus industriel
- **Cellule** : Elle permet d'assurer la coordination, la gestion et le suivi des processus locaux.
- **Atelier** : Il permet d'assurer la gestion de production des données.
- **Usine** : Elle permet d'assurer la gestion de l'entreprise.

La figure II-1 montre les différents niveaux de fonction de la pyramide de CIM pour une entreprise industrielle

Le choix d'un produit industriels dépend de l'architecture de communication mise au point par le client. Ce choix dépend essentiellement de la politique de l'entreprise et ses contraintes économiques et techniques.

Pour la mise en œuvre d'une architecture de communication, il faut que le choix du matériel installé répond à des spécificités de communication et d'intégration et ce pour qu'il puisse s'interconnecter dans le système de communication.

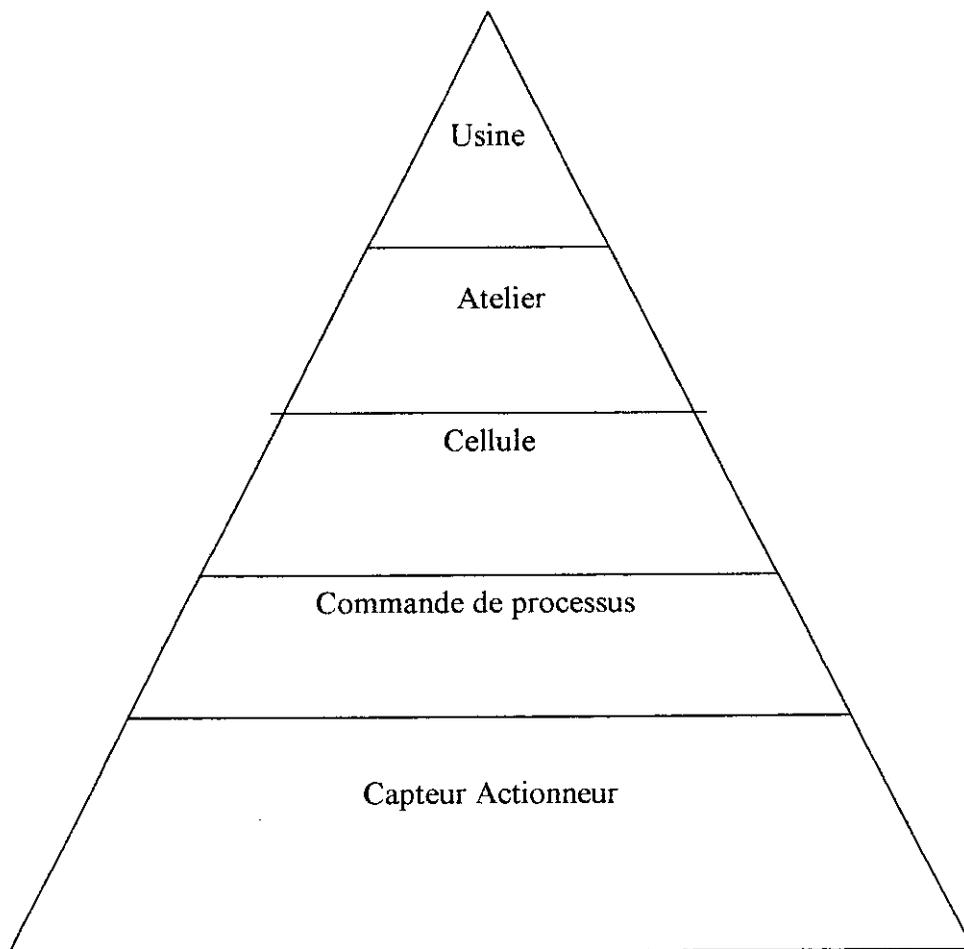


Figure II-1 Les différents niveaux de fonction de la pyramide de CIM pour une entreprise industrielle

II-3 Les différentes architectures des réseaux

Il existe plusieurs types d'architectures des réseaux utilisées et qui sont classées essentiellement selon leurs étendues, nous citons en l'occurrence:

- **Bus** : On les trouvent généralement dans les ordinateur pour relie les différents composant (mémoire, périphérique, disque dur ...), par exemple : bus ISA, PCI, USB
- **Structure d'interconnexion SAN (System Area Networks)** : Ce sont des réseaux à très haut débit mais a faible étendu, ils sont utilisé pour connecter un super ordinateur à un ordinateur frontal, par exemple : SCSI, GigaNet (6.3 Gbit/s).
- **Réseau local LAN (Local Area Networks)** : Ce sont des réseaux les plus utilisés dans la bureautique et dans l'industrie, les plus connus sont : le réseau Ethernet et TokenRing.
- **Réseau métropolitain MAN (Metropolitan Area Networks)** : Ce réseau peut atteindre des distances de 25 km, tel que le réseau FFDI Fiber Distributed Data Interface.
- **Réseau Etendu WAN (Wide Area Networks)** : ce sont des réseaux qui peuvent atteindre de grande distance, par exemple ATM (Asynchronous Transfer Mode).

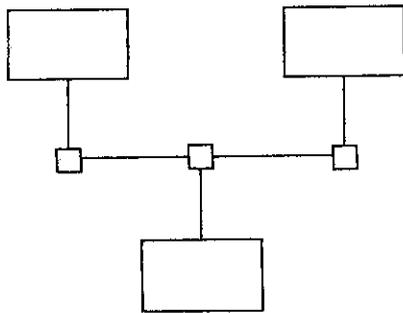
Il existe une grande variété de réseaux qui se distinguent par leurs structures, leurs protocoles d'accès, leurs supports de transmission et qui déterminent la performance et la fiabilité du réseau.

II-4 Topologie des réseaux

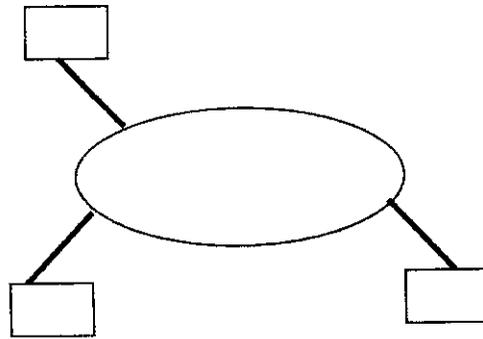
La topologie définit la structure géométrique d'un réseau, les topologies les plus connues sont :

- **Topologie bus** : tous les équipements sont reliés sur médium linéaire, chaque information transmise est reçue par tous les équipements connectés. (figure II-2-A)
- **Topologie anneau** : Généralement les équipements sont connectés par une liaison point à point (deux par deux). Chaque équipement peut jouer le rôle d'un amplificateur de signal. (figure II-2-B)
- **Topologie étoile** : Cette structure possède un équipement central qui gère l'ensemble des communications. Toute défaillance de l'équipement central entraîne l'arrêt du réseau. (figure II-2-C)
- **Topologie arbre** : c'est la mise de bout à bout de plusieurs structures de bus de longueur différente. (figure II-2-D)

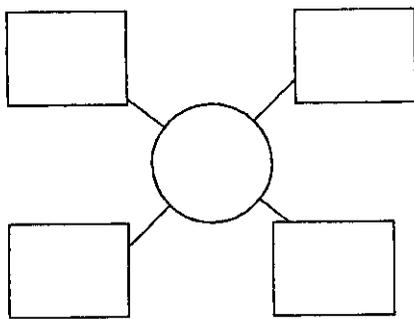
La figure II-2 montre les différentes topologies du réseau de communication



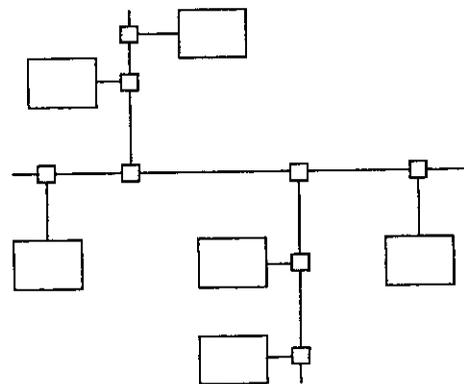
A : Topologie bus



B : Topologie Anneau



C : Topologie étoile



D : Topologie arbre

Figure II-2 Les différentes topologies du réseau de communication
A : Topologie bus B : Topologie Anneau C : Topologie étoile D : Topologie arbre

II-5 Support de transmission (Partie passive)

On peut utiliser plusieurs supports physiques de transmission pour relier les différents équipements du réseau. Il existe plusieurs types de câble comme support de transmission, les plus connues sont :

- Le câble coaxial.
- La paire torsadée.
- La fibre optique.
- Paire non torsadée et non blindée.

II-5-1 Le câble coaxial

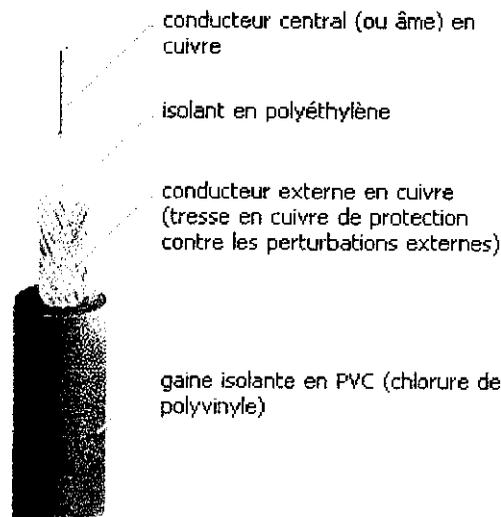
Un câble coaxial est constitué d'une partie centrale appelé âme. Elle accomplit la tâche de transmission de données et est généralement composée d'un brin de cuivre ou de plusieurs brins torsadés. La partie centrale est entourée d'un isolant qui permet d'éviter tout court circuit avec le blindage. Le blindage entoure le câble et protège les données des différents parasites.

La gaine protège le câble de l'extérieur et fabriqué en caoutchouc ou en Chlorure de Polyvinyle (PVC).

On peut distinguer différents types de câble coaxial :

1. **10Base2** (Thinnet ou CheaperNet) : C'est un câble très flexible, il peut atteindre des distances de 185 m sans amplificateur de signal pour une vitesse de transmission de 10Mbits/s.

La figure II-3 montre les différents composants d'un câble 10base2



La figure II-3 Les différents composants d'un câble 10base2 [15]

2. **10base5** (Thicknet ou Yellow cable) : moins flexible que 10Base2, il a un diamètre de 12 mm (plus grand que le 10base2). Il peut atteindre des distances de 500m sans amplification.
3. **Câble 10base 5** modifié pour l'industrie appelé câble triaxiale, par exemple : 720-0 selon SINEC H1 de Siemens pour une distance de segment de 500 mètre.

II-5-2 Câble de pair torsadé

Le pair torsadé (Twisted Pair) est constitué de deux brins de cuivre entrelacés en torsade et recouverts d'isolants. On distingue plusieurs types de paires torsadés :

1/Le câble UTP (Unshielded Twisted Pair):

Ce câble est utilisé pour le réseau 10baseT. C'est le type de pair le plus utilisé dans les réseaux locaux (bureautique). Il est conforme à la norme Commercial Building Wiring Standard 568 de EIA/TIA (Electronic Industries Association / Telecommunication Industries Association) et elle incluse 5 catégories de câblage UTP :

- **Catégorie 1** : Pour le câble téléphonique (transfert de voix par des données).
- **Catégorie 2** : Transmission de données à 4Mbit/s maximum. Elle est utilisée pour les réseaux numériques (4 paires torsadées).
- **Catégorie 3** : Transmission des données à une vitesse de 10 Mbit/s maximum.
- **Catégorie 4** : Transmission des données à une vitesse de 16 Mbits/s maximum.
- **Catégorie 5** : Transmission des données à une vitesse de 100 Mbit/s maximums.
- **Catégorie 5^e** : Transmission des données à une vitesse de 1000 Mbit/s maximums.

2/ Le câble STP (Shielded Twisted Pair):

Ce câble assure une meilleure protection contre les perturbations. Le STP est beaucoup plus utilisé dans l'industrie par les réseaux Ethenet et prend l'appellation Industriel Twisted Pair (ITP).

La figure II-4 montre la structure d'un câble ITP utilisée dans le réseau Ethernet de Siemens

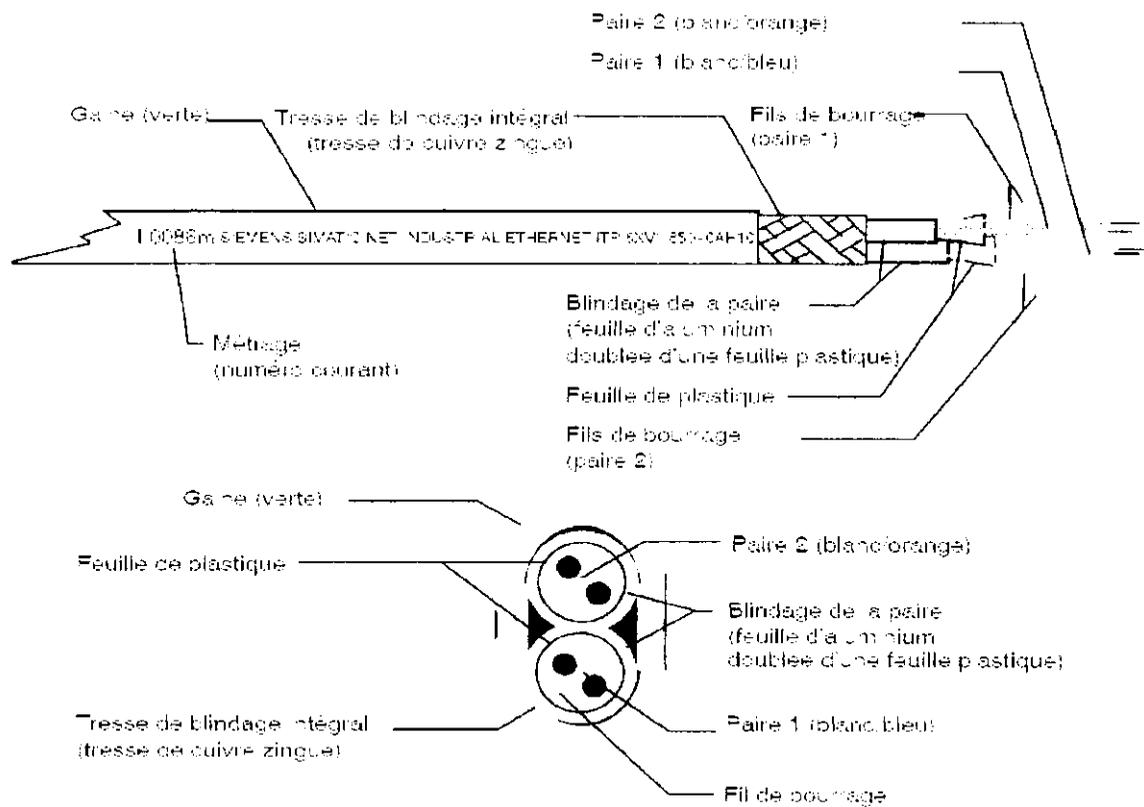


Figure II-4 Structure d'un câble ITP utilisée dans le réseau Ethernet de Siemens [18]

3/ Câble Torsadé blindées :

Le câble est constitué d'un pair torsadé entouré d'une tresse de blindage. Ce câble est le plus utilisé dans les réseaux de terrain, par exemple : Profibus DP de Siemens avec un interface RS 485, Lonworks (Local operating Network d'Echelon), DeviceNET (Allen Bradley), SDS (Smart Distributed System de Honeywell).

La figure II-5 montre un câble torsadé blindé standard utilisé dans l'industrie avec l'interface RS 485 pour Profibus DP.

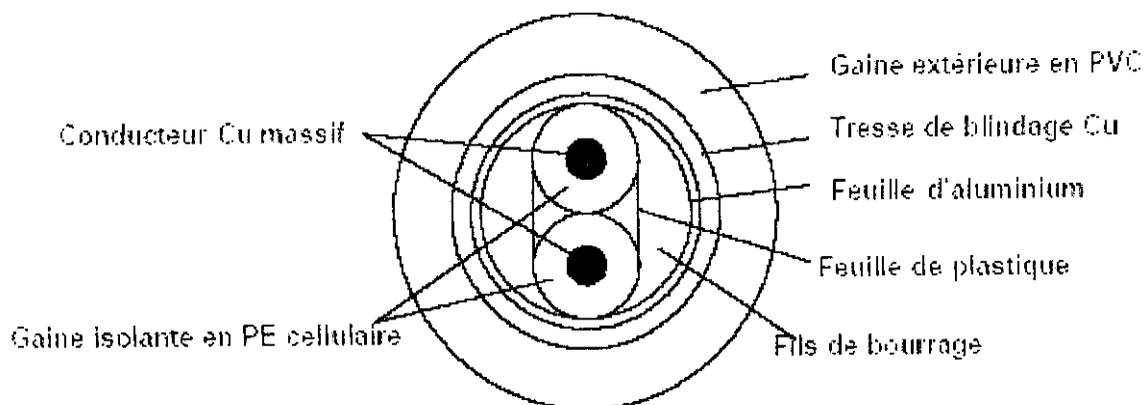


Figure II-5 Structure d'un câble torsadé blindé standard utilisé dans l'industrie avec l'interface RS 485 pour Profibus DP. [18]

PCF, entouré d'une gaine de silice de quelques μm recouvert d'un isolant.

Les fibres optiques en verre sont utilisées pour les liaisons inter bâtiment. Ces liaisons sont appelées Backbone (épine dorsale) et elles permettent d'atteindre des distances de 60 Km. Tandis que les fibres optiques de plastique sont utilisés pour de courte distance de 50 m à 80 m.

Les fibres optiques en PCF sont plus robuste que les fibres en plastique et peuvent atteindre des distances de 300 m à 400 m.

La figure II-6 montre les constituants de la fibre optique.

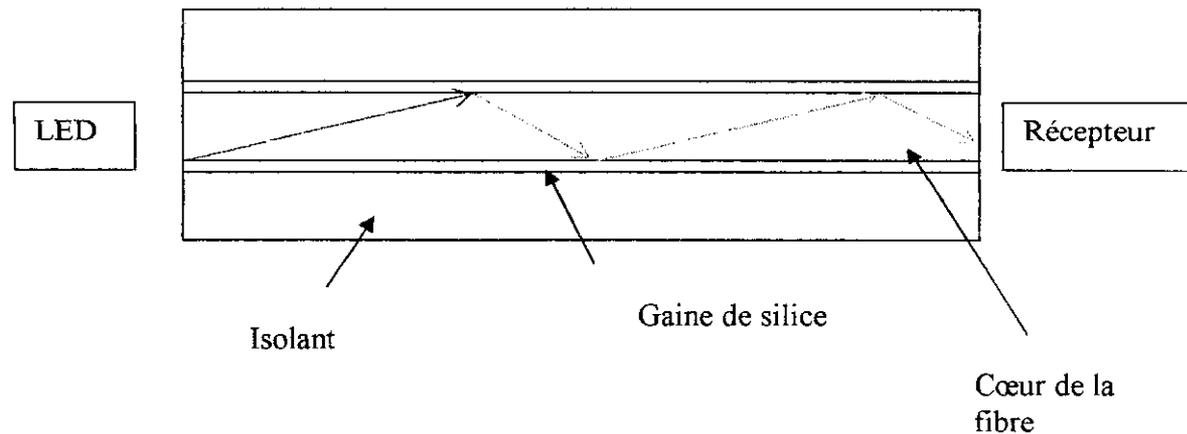


Figure II-6 les constituants de la fibre optique



Figure II-7 Structure d'un câble As-i

II-5-5 Transmission sans fils

Ce type de transmission utilise les ondes infrarouge ou radio. Les modules de transmission infrarouge peuvent avoir des portées de quelque dizaine de mètre, par exemple pour ILM de siemens sa portée est de 15m [4].

La figure II-8 montre une transmission infrarouge pour un réseau Profibus DP.

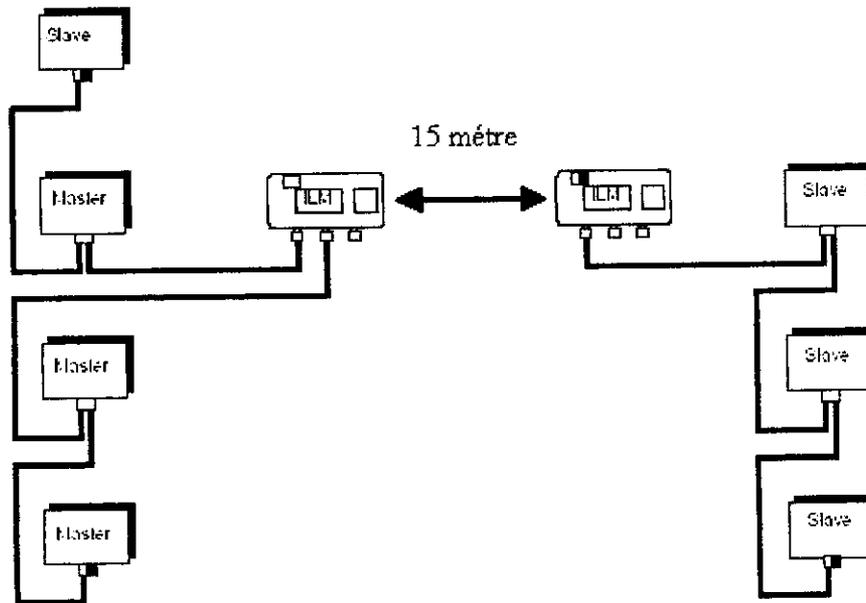


Figure II-8 Transmission infrarouge sur un réseau Profibus DP

II-6 Les différents bus de communication dans l'échelle d'un PC

Le bus de terrain est apparu comme une solution pour les réseaux locaux industrielle. Mais le besoin croissant de performance nécessite le développement de bus performant et de réduire les coûts de développement d'assemblage et le coût de revient d'utilisation des installations [5]. La solution est l'utilisation des bus de communication réponsus dans le monde du PC et du multimédias et de les adapter au milieu industrielle. L'une des technologies les plus favorables à l'utilisation dans le monde industriel est l'USB et le Firewire (*plug and play*). [6]

On distingue dans les PC deux types de bus :

- les bus système (Front Side Bus « FSB ») : C'est un bus qui permet de communiquer avec la mémoire du system (RAM). Ce bus est divisé en deux parties :
 - Bus d'adresse : il véhicule les adresses que le processeur veut lire ou écrire.
 - Bus de données : il véhicule les informations.
- Le bus d'extension : Il permet au différent composant de la carte mère communiquer entre eux.

Parmi les bus utilisés dans un PC, on trouve:

II-6-1 Bus ATA (Advanced Technology Attachment)

Le bus ATA a été mis au point 12 mai 1994 par ANSI reconnu aujourd'hui sous le nom IDE (Integrad Drive Electronics) ou E-IDE (Enhanced IDE). Ce standard est une interface permettant la connexion de périphérique de stockage sur des PC grâce à une nappe IDE. [5]

La figure II-9 montre le connecteur IDE ainsi que la nappe IDE

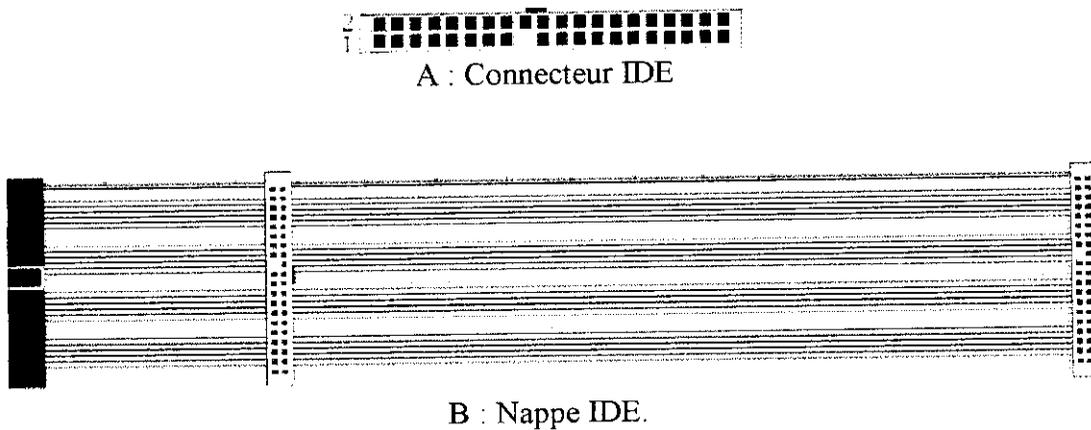


Figure II-9 Connecteur de périphérique de stockage selon le standard ATA.

Deux modes de transmission de données sont utilisés :

- 1- Le mode PIO (Programmed Input/output), C'est un protocole de communication permettant au périphérique d'échanger des données avec la mémoire vive à l'aide de commande gérée par le processeur. Il existe 5 modes :
 - a. Mode 0 : 3.3 Mo/s.
 - b. Mode 1 :5.2 Mo/s.
 - c. Mode 2 :8.3 Mo/s.
 - d. Mode 3 :11.1 Mo/s.
 - e. Mode 4 : 16.7 Mo/s.
- 2- Le mode DMA (Direct Memory Access) : Ce mode permet de libérer le processeur en permettant aux équipements d'accéder directement à la mémoire vive. Il existe plusieurs modes, nous citons en l'occurrence:
 - a. Mode 0 (Single Word): 2.1 Mo/s.
 - b. Mode 1 (single Word): 4.2 Mo/s.
 - c. Mode 2 (single Word): 8.3 Mo/s.
 - d. Mode 0 (multiword): 4.2 Mo/s.
 - e. Mode 1 (multiword): 13.3 Mo/s.
 - f. Mode 2 (multiword): 16.7 Mo/s.
- 3- Le mode ULTRA DMA : Ce mode permet d'atteindre des vitesses de transmission élevées. Il existe plusieurs mode, nous citons en l'occurrence :
 - a. Mode UDMA 0 : 16.7 Mo/s.
 - b. Mode UDMA 1 : 25.0 Mo/s.
 - c. Mode UDMA 2 (Ultra-ATA/33) : 33.3 Mo/s.
 - d. Mode UDMA 3 : 44.4 Mo/s.
 - e. Mode UDMA 4 (Ultra-ATA/66) :66.7 Mo/s.
 - f. Mode UDMA 5 (Ultra-ATA/100) : 100 Mo/s.
 - g. Mode UDMA 6 (Ultra-ATA/133) : 133 Mo/s.

Pour les versions supérieures UDMA 3, On utilise d'autres types de nappes.

II-6-2 Bus AGP (Accelerated Graphics Port)

Le bus AGP est apparu en Mai 1997 et il a été spécialement conçu pour les cartes graphiques.

Il existe plusieurs versions du Bus AGP :

- 1- La version 1.0 : elle permet d'atteindre une vitesse de transmission de 266.67 Mo/s (1 X) jusqu'à 533.33 Mo/s (2X).
- 2- La version 2.0 (1998) : elle permet d'atteindre une vitesse de transmission de 1.06 Go/s (4X)
- 3- La version 3.0 (2002) : elle permet d'atteindre une vitesse de transmission de 2.11 Go/s (8X).

La figure II-10 montre les différents connecteurs AGP.



A : Connecteur AGP 1.5 Volt



B : Connecteur AGP 3.3 Volt.



C : Connecteur AGP universel.

Figure II-10 Les différents connecteurs AGP

II-6-3 Bus ISA (Industry Standard Architecture)

Le bus ISA est apparu en 1981. La première version comporte un bus d'une largeur de 8 bits cadencés à une fréquence de 4.77 MHz. Avec l'apparition du processeur Intel 286, la largeur du bus est passée à 16 bits pour des fréquences de 6,8 MHz puis de 8.33 Mhz (16 Mo/s).

La figure II-11 montre les différents connecteurs du bus ISA.



A : Connecteur ISA 8 bits.



B : Connecteur ISA 16 bits.

Figure II-11 Les différents connecteurs ISA

II-6-4 S-ATA (Serial ATA)

S-ATA est un bus standard permet la connexion des périphériques de stockage à haut débit. Ce standard est apparu en Février 2003, S-ATA est basé sur une communication de type série. Cette technique permet d'atteindre des débits de l'ordre de 187.5 Mo/s (SATA 2 peut atteindre un débit de 750 Mo/s).

La figure II-12 montre le connecteur de donnée (avec des câbles ronds) et un connecteur d'alimentation (3.3V, 5V, 12V).



A : Connecteur de données.



B : Connecteur d'alimentation.

Figure II-12 Les différents connecteur SATA

II-6-5 Bus PCI (Peripheral Component Interconnect)

Le Bus PCI a été mis au point par Intel en 1992 pour remplacer le bus ISA. Ce bus possède une largeur de 32 bit et cadencé à une fréquence de 33 MHz pour atteindre un débit de 132 Mo.

La figure II-13 montre un connecteur PCT.

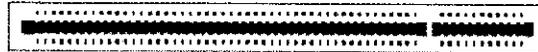
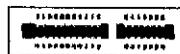


Figure II-13 Le connecteur PCI

II-6-6 Bus PCI EXPRESS

Le bus PCI EXPRESS a été mis au point en juillet 2002. C'est une interface de type série et permettant d'atteindre des vitesses (selon les versions 1X...32X) de 250 Mo/s à 8 Go/s.[7]

La figure II-14 montre les différentes versions du connecteur PCI Express.



A : Connecteur PCI Express 1X (36 connecteur)



B : Connecteur PCI Express 4X (64 connecteur)



C : Connecteur PCI Express 8X (96 connecteur)



D : Connecteur PCI Express 16X (164 connecteur)

Figure II-14 Les différentes versions du connecteur PCI express

II-6-7 Interface SCSI (Small Computer System Interface):

Le standard SCSI est une interface permettant de connecter plusieurs périphériques de types différents par l'intermédiaire d'une carte (adaptateur SCSI) et généralement connecté sur le port PCI. On peut avoir grâce à SCSI sur la même carte huit unités logiques (CD-ROM, Disque dur.....).

Le tableau II-1 nous donne les normes SCSI.

Norme	Largeur du bus (bits)	Vitesse de transmission (Mo/sec)
SCSI-1 (<i>Fast-5 SCSI</i>) (1986)	8	5
SCSI-2 - Fast-10 SCSI (1994)	8	10
SCSI-2 - Wide	16	20
SCSI-2 - Fast Wide 32 bits	32	40
SCSI-2 - Ultra SCSI-2 (Fast-20 SCSI)	8	20
SCSI-2 - Ultra Wide SCSI-2	16	40
SCSI-3 - Ultra-2 SCSI (Fast-40 SCSI)	8	40
SCSI-3 - Ultra-2 Wide SCSI	16	80
SCSI-3 - Ultra-160 (Ultra-3 SCSI ou Fast-80 SCSI)	16	160
SCSI-3 - Ultra-320 (Ultra-4 SCSI ou Fast-160 SCSI)	16	320
SCSI-3 - <i>Ultra-640 (Ultra-5 SCSI)</i>	16	640

Tableau II-1 Les normes SCSI

II-6-8 Bus USB (Universal Serial Bus):

Le bus USB est une interface série. Il existe plusieurs versions de USB :

- 1- La version USB 1.1 : il existe pour cette version le mode haute vitesse (12 Mbps) et le mode à basse vitesse (1.5 Mbps).
- 2- La version USB 2.0 : Cette version peut atteindre des vitesses de 480 Mbps.

La figure II-15 montre les différents connecteurs USB.



A : Connecteur de type A.



B : Connecteur de type B.

Figure II-15 Les différents connecteurs USB

Un réseau USB est composé d'un maître et d'un Hub et jusqu'à 126 autres périphériques connectables à chaud. La méthode de l'accès sur le bus est le Token Ring.

La distance maximale entre le maître et le Hub est de 30 m.

II-6-9 Bus Firewire

Le bus IEEE 1394 a été mis au point à la fin de l'année 1995 afin de fournir un système d'interconnexion permettant de faire circuler des données à haute vitesse.

La société *Apple* lui a donné le nom commercial "**Firewire**" qui est devenu le nom générique du IEEE1394.

Sony lui a également donné le nom commercial de **i.Link**, tandis que *Texas Instrument* lui a donné le nom de **Lynx**.

Le bus Firewire est un bus série permettant d'atteindre des vitesses de 100 à 3100 Mbps. Le bus Firewire peut connecté 63 nœuds et peut interconnecter jusqu'à 1023 bus. La distance maximale entre deux nœuds est de 72 m.

La figure II-15 montre les différents connecteurs Firewire.

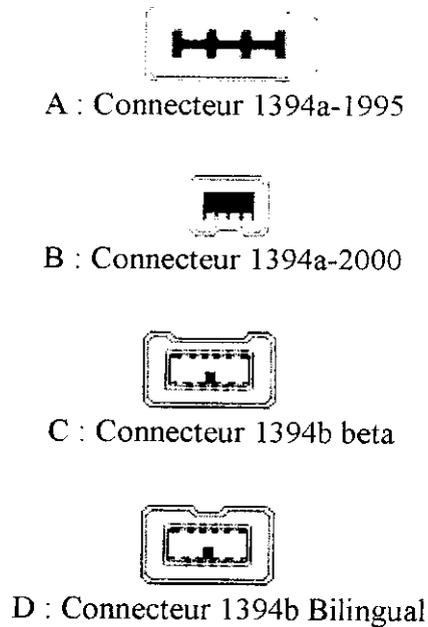


Figure II-15 Les différents connecteurs Firewire.

II-7 Procédure d'accès

La procédure d'accès définit la manière dont les équipements accèdent au medium pour pouvoir transmettre des informations.

Il existe trois types d'accès au medium :

II-7-1 Type déterministe

Il s'agit de l'intervention de mécanisme de coopération qui permet de déterminer quelle est la machine qui a le droit d'émettre. Parmi les mécanismes nous citons par exemple:

- TDMA (Time division methods acces) qui fait des découpages de temps et attribues cycliquement le droit d'émettre aux différentes stations. [8]
- Le TokenRing ISO 8802.5 qui utilise la méthode de la circulation du jeton. Chaque équipement peut émettre des données s'il est détenteur du jeton, mais il doit remettre le jeton avant l'écoulement d'un temps prédéterminé.

II-7-2 Type compétition

Chaque station essaye de prendre le contrôle du réseau. Dans la méthode CSMA/CD (carier sens Mehtod Acces/ Collition detection), par exemple, les équipements peuvent émettre à n'importe quel moment sous réserve qu'un autre équipement ne soit pas entrain d'émettre sur le bus. Une collision (trame brouillé) peut arriver si les deux équipements émettent en même temps, les deux équipements détecte la collision et il s'arrêt à émettre puis recommencent a émettre au bout d'un temps aléatoire.

II-7-3 Type mixte

Elle a pour objectif de tirer profit des deux types d'accès déterministe et compétition. Dans la méthode CSMA\DCR (Determinist collision Resolution), par exemple, si le réseau est peu chargé, elle utilise la méthode CSMA/CD et dans le cas contraire elle utilise la méthode du jeton. [8]

Pour un réseau de terrain de type Profibus (Process Field Bus) la procédure d'accès est le TokenRing. Ce réseau définit deux types de station :

- 1- Les station actives : Elles sont initiatrices de l'échange selon la procédure d'accès du TokenRing.
- 2- Les stations passives : Elles ne peuvent échanger des données qu'après y avoir été invitées par une station actives.

Le jeton passe automatiquement d'une station active à la station active suivante selon un ordre croissant d'adresse. La transmission du jeton s'effectue selon un anneau logique, c'est à dire que la station possédant l'adresse la plus élevée renvoie le jeton à la station possédant l'adresse la plus basse.

Dans le cas d'un réseau Profibus deux cas peuvent se présenter:

- Il y a qu'une seule station active et toutes les autres stations sont passives, le réseau fonctionne selon le principe maître esclave.
- S'il existe dans le réseau des stations actives et passives, il fonctionne selon un principe hybride (passage de jeton entre les stations actives et fonctionnement maître esclave pour le cas des stations passives).

On trouve aussi dans l'industrie d'autre procédure d'accès au bus utilisant la méthode CSMA/CA tel que LONWORKS, CAN (Controller Area Network).

II-8 technologie d'interconnexions :

Les équipements mis en œuvres dans l'industrie ne communiquent pas forcément de la même manière. Pour pouvoir intégrer les différents équipements dans un système de communication, il faut qu'ils puissent communiquer entre eux. C'est pour cela que des équipements spécifiques sont mis en place tel que []:

- **Le répéteur** : Il permet de régénérer le signal.
- **Le concentrateur (hub)**: il permet de concentrer le trafic provenant de plusieurs hôtes et les diffuser sur l'ensemble des éléments qui lui sont connectés.
- **Les ponts (bridges)** : Ils permettent de relier les réseaux de même type.

- **Les commutateurs (Switch) :** Un commutateur est un pont multi port qui permet d'aiguillier les données vers leurs destinations.
- **Passerelle :** Elles permettent de relier des réseaux complètement différents.
- **Le routeur :** Le routeur est un ensemble de processus algorithmique. Ces processus sont destinés à prendre des décisions dispersées dans le temps et dans l'espace [6] en fonction de la destination finale et de la table de routage (Table qui donne le choix de la route à prendre en fonction de la destination).

Le routage peut se faire de deux manières : [9]

- **Routage centralisé :** Un équipement particulier reçoit des informations de chaque nœud du réseau et leur envoie la table de routage. La mise à jour de la table de routage se fait de manière :
 - fixe : Pas de mise à jours (elle est fixé une seul fois).
 - synchrone : La mise à jours se fait régulièrement.
 - asynchrone : La mise à jours se fait lorsqu'il y'a des changements significatifs.
- **Routage décentralisé :** Elle ne possède pas de centre de calcul et les règles de passage des données sont :
 - a- l'inondation : c'est une technique facile et rapide pour de faible trafic, elle consiste à envoyer les données reçue sur toutes les sorties.
 - b- Hot potatoes : Il consiste à envoyer les données reçues sur la première ligne de sortie vide, cette technique est améliorée en affectant à chaque ligne de sortie un coefficient.
 - c- routage adaptatif : Chaque nœud doit avoir une connaissance complète du réseau en échangeant des comptes-rendus.

La figure II-15 montre l'utilisation d'une passerelle pour interconnecter le réseau Profibus-DP et le réseau EIB (European Installation Bus Association).

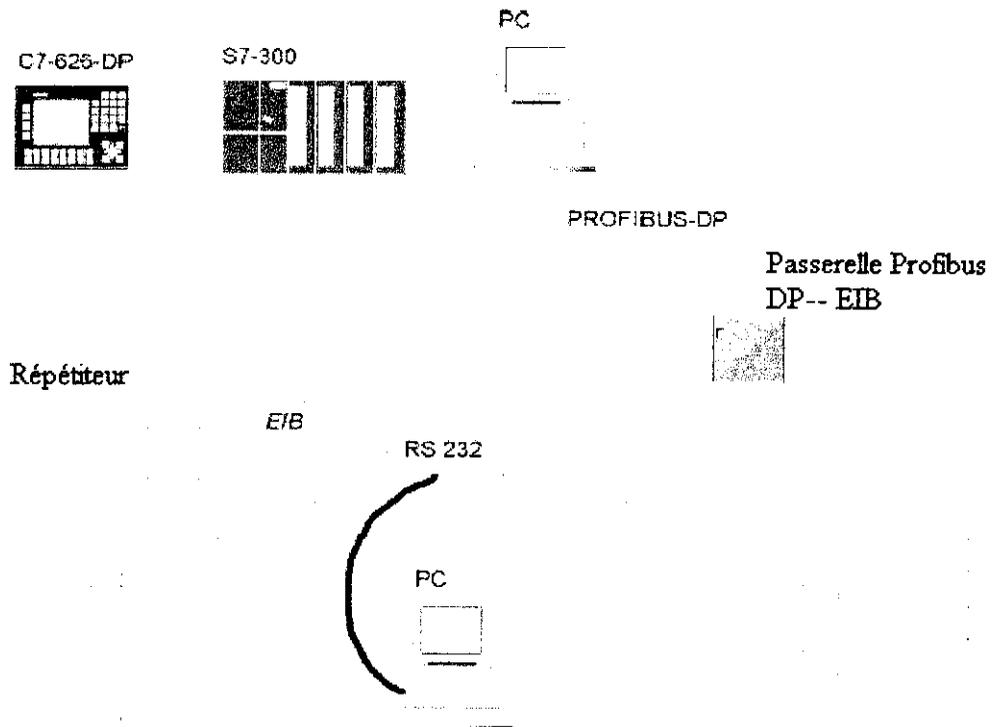


Figure II-15 Utilisation d'un passerelle pour interconnecté la Profibus DP et EIB

II-9 L'Internet et l'automatisation :

Les technologies issues d'Internet offre aujourd'hui une solution aux problèmes d'accès à distance aux systèmes d'automatisation.

Certaines installations comme les plateformes pétrolières, les centrales électriques, les cimenterie, raffineries nécessitent l'intervention de spécialiste lors de leurs mises en service

Du fait que ces installations se situent généralement dans des endroits éloignés, ce genre d'intervention occasionnent des retards de mise en service et des coûts importants (déplacement de matériels).[10]

Pour parier aux difficultés de gestion et d'exploitation des installations industrielles, parmi les solutions les plus utilisées dans la plupart des pays développés est l'intervention à distance et ce en assurant les fonctions suivantes :

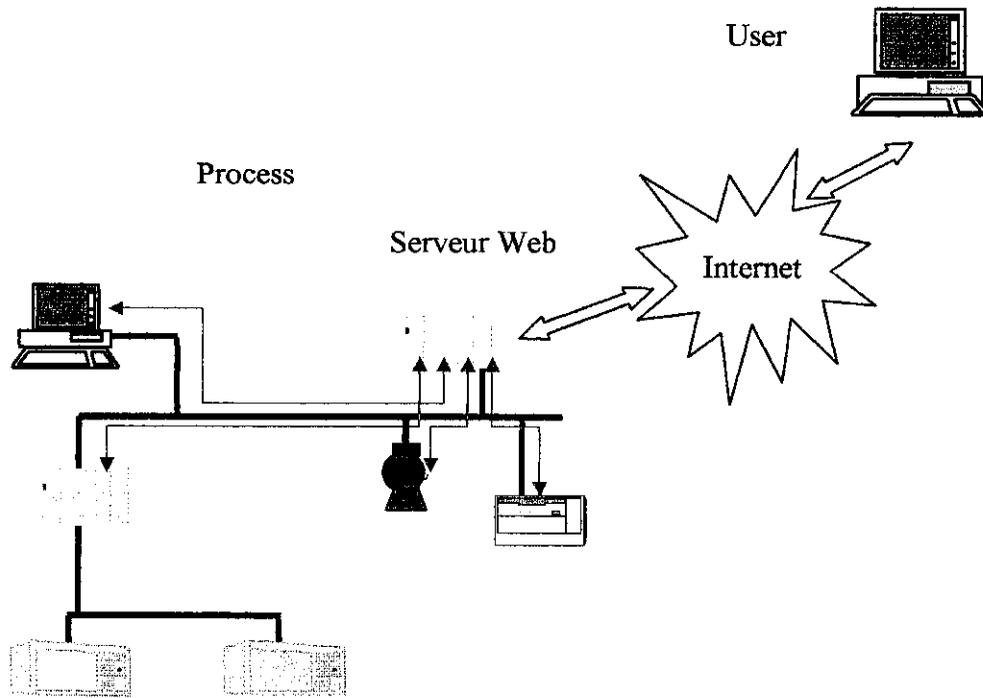
- La télésurveillance.
- Le télé contrôle et télé supervision.
- Le paramétrage des équipements à distance.
- Télé diagnostique et télé maintenance et la télé configuration
- Supervision de l'ensemble des installations appartenant à l'entreprise.
- Sécurité d'information.

Elle consiste à utiliser le réseau Internet et surtout la technologie WEB qui permette le rapprochement des équipements au personnel. L'accès à Internet se fait soit par ligne téléphonique ou GSM ou des liaisons spéciales.

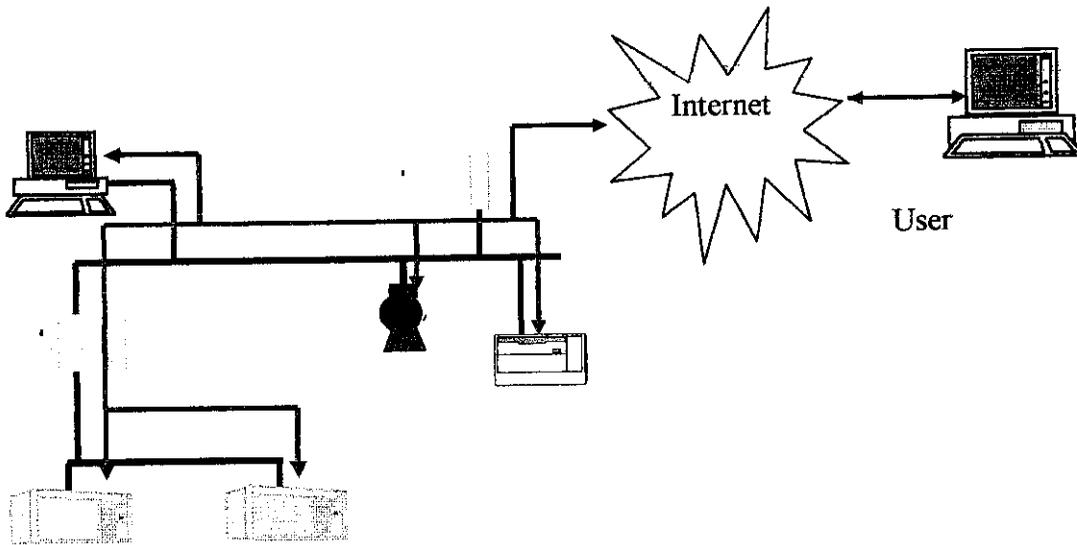
Deux solutions existent sur le terrain :

- 1- La première est l'utilisation d'un équipement spécial comme le serveur Web et qui assure le contrôle d'accès et la protection contre les intrusions, assurant la fonction de la présentation du système d'automatisation (connaissant la configuration complète du réseau local).
- 2- La deuxième solution est l'intégration sur chaque équipement de terrain des fonctions de serveur WEB tout en garantissant les contraintes temporelles du fonctionnement des bus de terrain (communication cyclique à temps critique). Par exemple le réseau worldFIP (ou IEC61158) assure sur le même medium le trafic d'automatisme déterministe et périodique et en même temps un trafic de messagerie (protocole IP) de nature aléatoire apériodique par séparation de bande passante des deux trafics.

La figure II-16 montre les différentes techniques utilisées pour l'accès à distance.



A : Utilisation d'un serveur Web qui collecte des informations sur le process



B : Utilisations des serveurs Web enfouille dans les équipements de terrain.

Figure II-18 Utilisation de l'Internet dans le domaine industriel

A : Utilisation d'un serveur Web qui collecte des informations sur le process

B : Utilisations des serveurs Web enfouille dans les équipements de terrain.

III-1 Introduction

Le bus de terrain est devenu un enjeu important dans le domaine des automatismes dans ce siècle.

Dans les années 80, les bus de terrain étaient des bus propriétaires et le besoin de plus en plus croissant se fait sentir de la part des clients de la nécessité standard.

On s'intéresse dans ce chapitre à de présenter les différents protocoles de communication ; une synthèse globale de différents protocoles est alors développé.

III-2 Standardisation des protocoles

Dans les années quatre vingt, deux grandes familles Profibus (Europe) et FIP (Factory information protocol) s'affrontent pour devenir leader mondial. Afin d'éviter des conflits, une commission fut créée pour trouver un consensus et qui déboucha sur la proposition de créer une seule norme et deux protocoles. Cela créât deux spécifications dans l'organisme américaine de normalisation ISA : l'UFB (Unified Fieldbus) avec la référence ISA 300 D soutenue par Profibus et le Draft connu sous la référence ISA 326 soutenue par FIP.[11]

Ainsi deux associations naissent en 1990 :

- IFG soutenue par Rosemount et Siemens.
- OFC soutenue par Allen Bradley, SquareD et Honeywell.

Mais en juin 1990, ISA décida d'organiser un vote et qui conduisit à la victoire de l'OFC et la fin de l'IFG.

Mais en septembre 1992 les partisans de Profibus créèrent ISP.

Ainsi en février 1993 fut crée le WORLD FIP North America par les partisans du FIP.

En août 1994, Les deux organisations concurrentes World FIP et ISP se sont fusionnées pour donner la Fieldbus Foundation, et qui avait pour objectif de créer un environnement neutre et ouvert pour le développement d'un bus de terrain international, unique et inter opérable et compatible avec les standard internationaux (IEC et ISA SP50). [9]

La fieldbus Foundation recense plus cent sociétés membre par exemple : ABB, Rockwell, Elsag Bailey, Ficher Rousemount, Foxboro, Fuji, Honeywell, Schneider, Siemens, Yamatake-Honeywell et Yokowaga. Ce qui représente environ 90 % du marché de production mondiale destinée au contrôle du procédé.

Tous les bus de terrain sont basés sur la restriction du modèle dit OSI « Open Systeme interconnection » de ISO «International Standards Organization ». [2]

« « Le modèle OSI est cité dans les réseaux pour assurer à l'utilisateur les fonctionnalité et les performances. » »

III-3 Le modèle de l'Open System Interconnexion (OSI)

Au début des années 70, chaque constructeurs a développé sa propre solution autour d'architecture et de protocole privé, le cas par exemple du SNA de la société IBM, DECnet de la société DEC, DSA de la société Bull, et il s'avère qu'il serait impossible d'interconnecter ces différents réseaux propriétaires si une norme internationale n'était pas établie [9]. L'idée générale était de fixer un vocabulaire commun « protocole de communication » et de l'énoncé sous forme de normes. Les informaticiens qui ont écrit cette norme avait une « Check List » qui contenait l'ensemble des problèmes concrets rencontrés dans les systèmes réels de communication. Cette « Check List » a été segmentée suivant sept couches. Chaque couche doit assurer un ensemble de fonctions spécifiques dans le réseau et offrir des services à la couche immédiatement supérieure. Ces sept couches sont empilées l'un sur l'autre. La figure III-1 montre l'empilement de sept couches du modèle OSI.

7	Couche Application
6	Couche Présentation
5	Couche Session
4	Couche Transport
3	Couche Réseau
2	Couche Liaison
1	Couche Physique

Figure III-1 Les sept couches du modèle d'OSI

Chaque couche n d'une machine gère la communication avec la couche n d'une autre machine suivant un protocole de niveau n . Le transfert des données d'une couche n vers une autre couche n s'effectue en passant par toutes les couches intermédiaires [9]

La figure III-2 montre un processus de communication entre deux équipements :

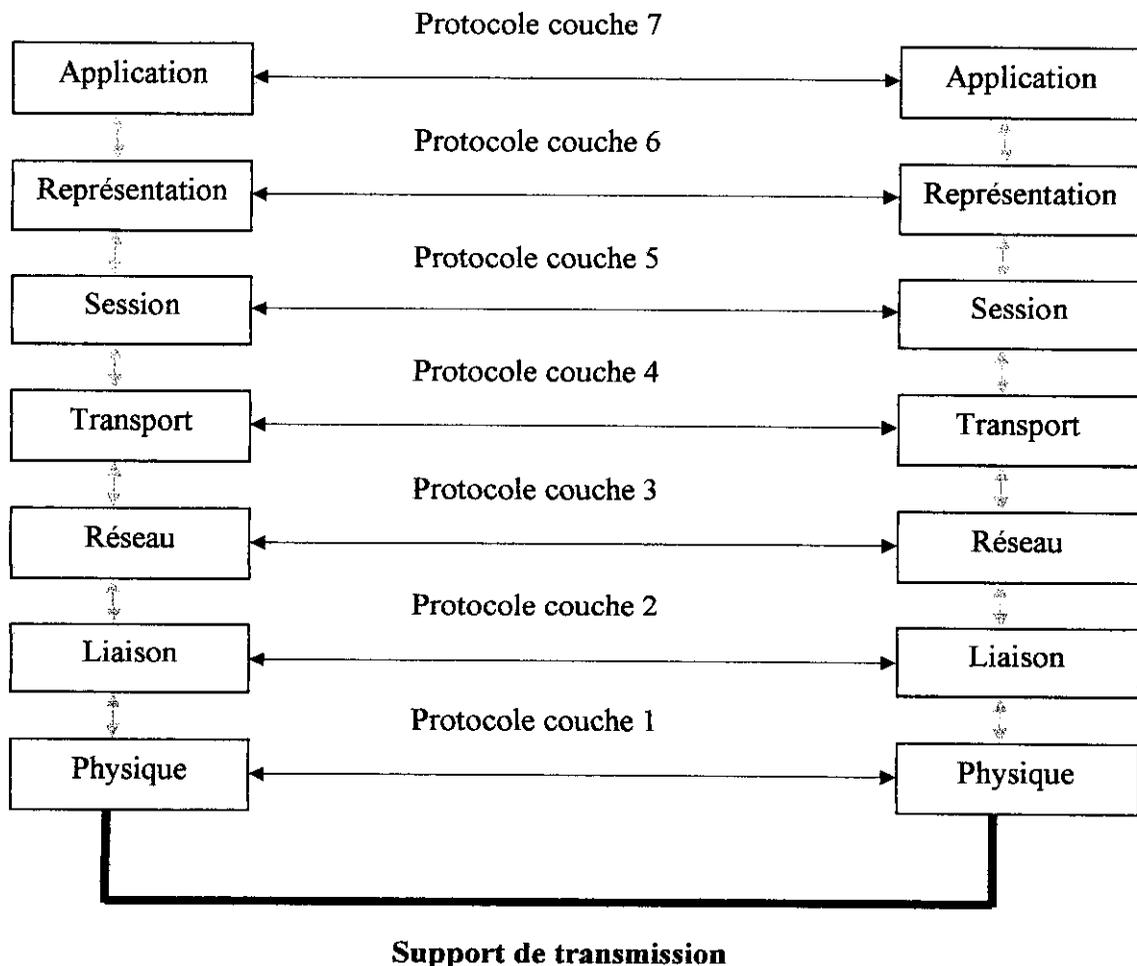


Figure III-2 Protocole de communication entre les couches

III-3-1 Définition de la couche physique

La couche physique fournit les moyens mécaniques et électrique nécessaire à l'activation, au maintien et à la désactivation des connexions physiques destinées à transférer les bits entre deux entités physiques.

Dans cette couche, on s'intéresse principalement à la transmission des bits sur le support physique. Les fonctions de transmissions sont assurées par un modem, un coupleur et un transceiver.

Dans cette couche les raccordements peuvent être définis par :

- Le type et le sexe des connecteurs, par exemple : DB9, DB25, RJ45.
- Les niveaux électriques appliqués (unipolaire, différentiel)
- Le type de transmission.
- Le codage et le débit des signaux de données.

Par ailleurs, Le type de transmission est défini par:

- Le sens de transmission, qui peut être :
 - Bidirectionnel simultanée (Full duplex)
 - Bidirectionnel par alternat (Half duplex).
 - Unidirectionnel (Simplexe).

- Transmission de type série : Elle consiste à envoyer des données via un canal unique de transmission selon qu'il s'agit :
 - Transmission synchrone : La transmission est rythmée par un signal d'horloge.
 - Transmission asynchrone : Ce type de transmission ne nécessite pas un signal d'horloge mais elle utilise des caractères de contrôle (START, STOP).

- Transmission parallèle : Elle consiste à envoyer les données simultanément sur plusieurs canaux, il s'agit par exemple :
 - du port d'imprimante EPP (Enhanced Parallel Port) qui peut atteindre des vitesses de 8 à 16 Mbps
 - du ECP (Enhanced Capabilities Port) mis au point par Hewllets Packard et Microsoft et qui a les mêmes caractéristiques que EPP avec le support Plug and Play pour la reconnaissance des périphérique.

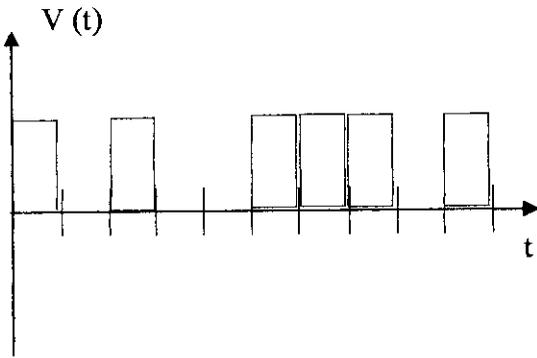
- Transmission en bande de base (Transmission des bits par des signaux carrés).

- Transmission modulée :
On distingue :
 - Modulation d'amplitude : Chaque amplitude représente un 1/0.
 - Modulation en fréquence : Chaque fréquence représente un 1/0.
 - Modulation en phase : Chaque phase d'un signal représente un 1/0.
 - Modulation mixte : C'est un mélange de différentes modulation, par exemple dans la norme V29 il existe 2 modulation d'amplitude et 8 modulations de phase : $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$.La transmission modulée consiste à transformer un signal en bande base en un signal sinusoïdal grâce à un **MODEM** (Modulateur- Démodulateur).

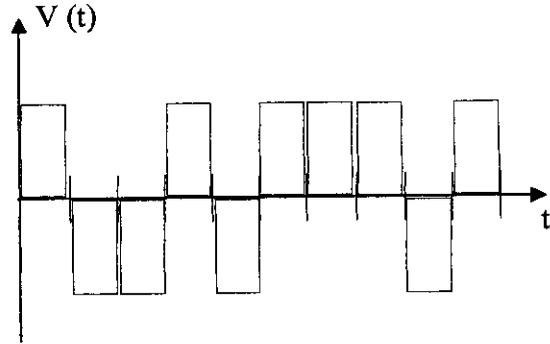
- Le codage des signaux : Les signaux peuvent être codés de différentes manières :
 - **Le code tout ou rien** : Un signal nul signifie un 0 logique et un signal positif signifie un 1 logique.
 - **Le code NRZ** (not return to zéro) : Le niveau logique 0 est représenté par un signal négatif et le niveau logique 1 est représenté par un signal positif.
 - **Le code bipolaire** : Le niveau 0 est codé par un signal nul et le niveau 1 est codé alternativement par un signal positif et négatif.
 - **Le code bipolaire à haute densité (BHD)** : Dans ce codage le signal dépend des états précédents. Le niveau logique 1 provoque un changement de polarité (signal positif, signal négatif) et le niveau logique 0 fait passer le signal alternativement entre le signal nul et la polarité précédente.

- **Le code Delay Modulation (Miler)** : Le niveau logique 1 provoque un changement de polarité au milieu du temps élémentaire. Alors que le niveau logique 0 provoque un changement de polarité si le niveau logique qui le précède est à 0 et laisse le signal constant si le niveau logique précédent est à 1.
- **Le code de Manchester (Biphase-L)** : Le niveau logique 0 provoque un passage du signal positif au signal négatif au milieu du temps élémentaire et le niveau logique 1 provoque le passage du signal négatif au signal positif au milieu du temps élémentaire.
- **Le code biphase M** : Le niveau logique 0 laisse passer le signal constant d'une manière alternative et le niveau logique 1 provoque un changement de polarité entre le signal positif et le signal négatif au milieu du temps élémentaire.
- **Le code bipolaire RZ (Return to zero)** : Le niveau logique 0 reste constant et prend pour valeur le signal nul, alors que le niveau logique 1 fait passer le signal alternativement de la valeur positive à la valeur négative pendant un court instant du temps élémentaire.
- **Le code de Manchester différentiel** : Le niveau logique 0 recopie le signal du moment élémentaire précédent, alors que le niveau logique 1 inverse le signal du moment élémentaire précédent.

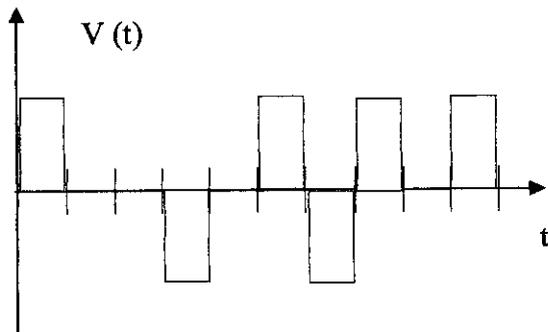
La figure III-3 montre les différents types de code pour le 1001011101.



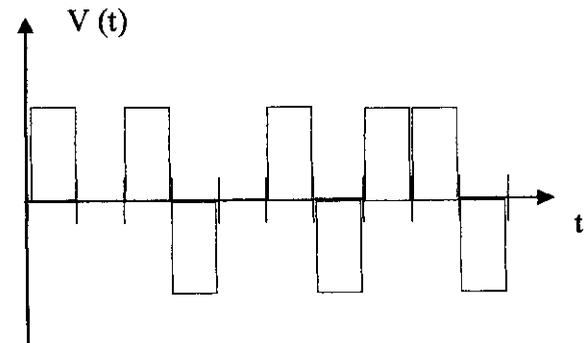
A : code tout ou rien.



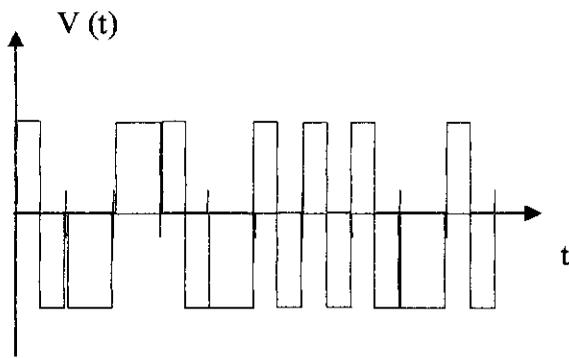
B : code NRZ



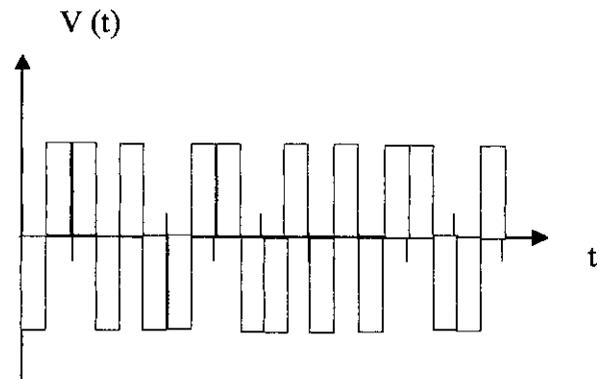
C : Code bipolaire.



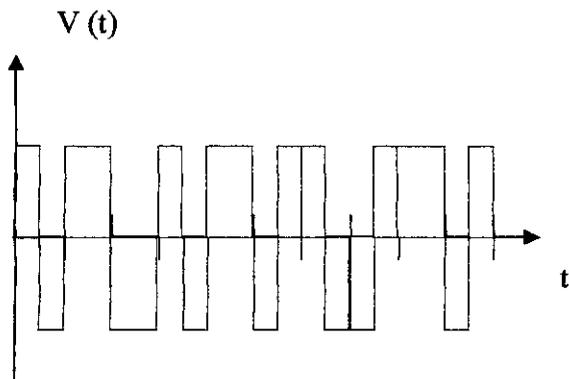
D : Code bipolaire à haute densité.



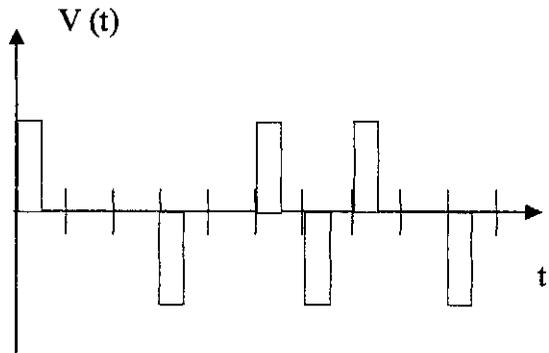
E : Code Delay Modulation.



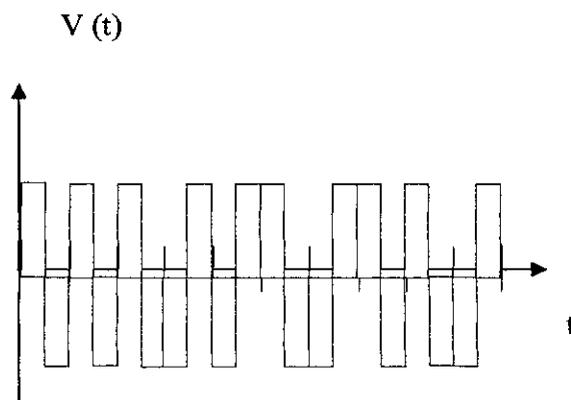
F : Code de Manchester



G : Code de Biphase M



H : Code bipolaire RZ



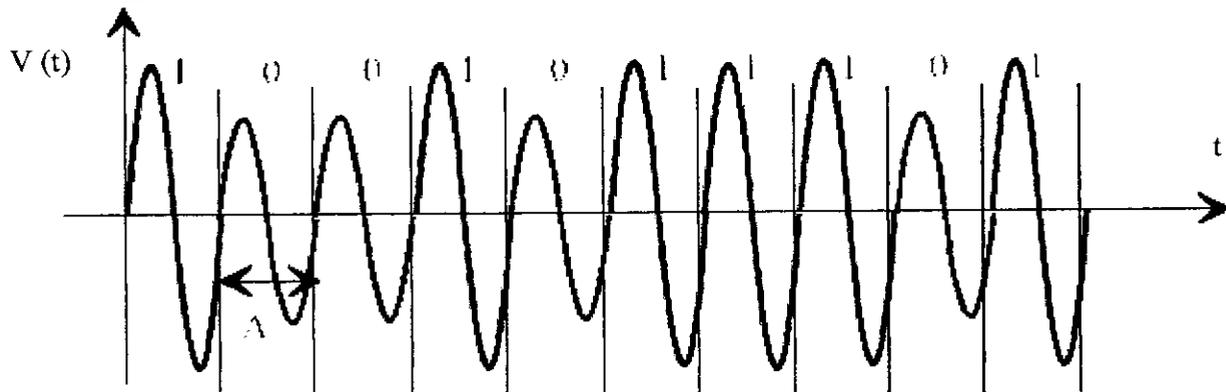
I : Code de Manchester différentiel

Figure III-4 Les différents types de codage pour le 1001011101

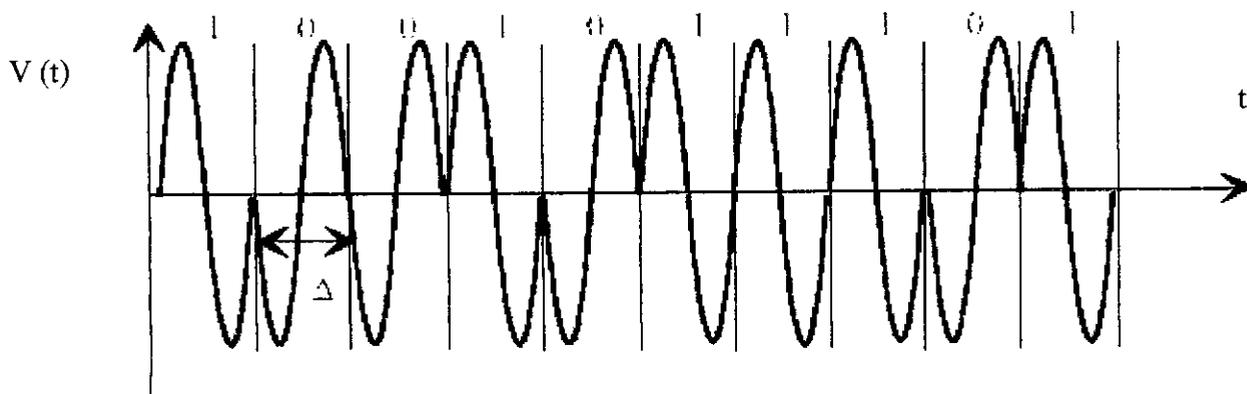
A: code tout ou rien B: code NRZ C: Code bipolaire D: Code bipolaire à haute densité
 E: Code Delay Modulation F: Code de Manchester G: Code de Biphasé M H: Code bipolaire RZ
 I: Code de Manchester différentiel

Il existe d'autres Types de codage tels que [12]: Biphasé S-1, Biphasé S-2, MPDC, DM/A, DM/BR, BI-DI....

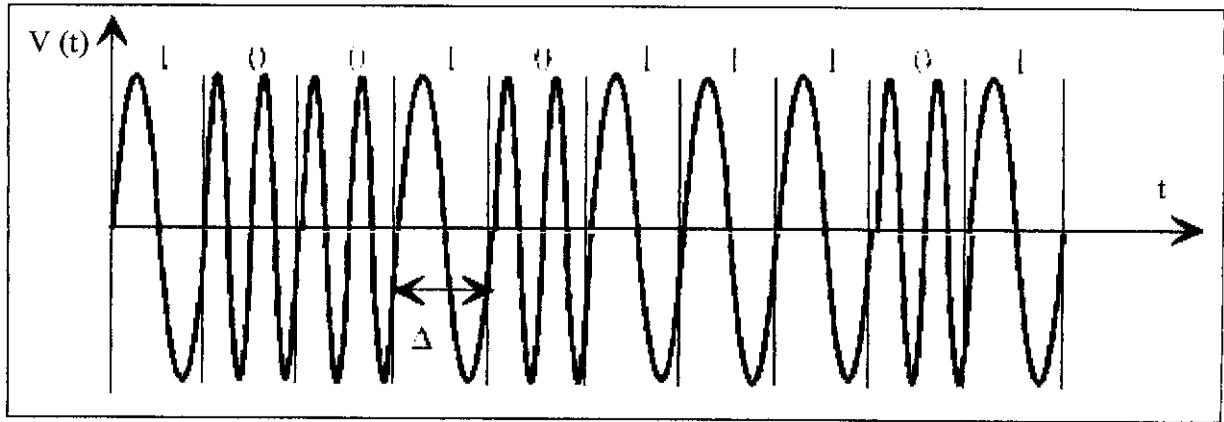
La Figure III-5 montre les différents types de modulations.



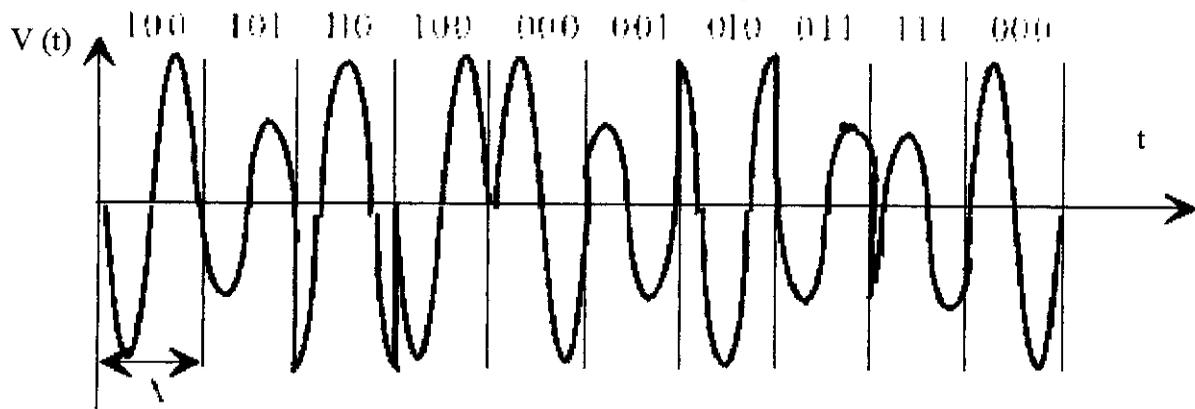
A : Modulation d'amplitude.



B : Modulation de phase.



C : Modulation de fréquence.



D : Modulation Mixte en amplitude et en phase (8 cas possible)

Figure III-5 : Les différentes technique de modulation.
 A : Modulation d'amplitude B : Modulation de phase C : Modulation de fréquence
 D : Modulation Mixte en amplitude et en phase

La figure III-6 montre les connecteurs utilisés dans le standard RS 232 et qui sont définies dans la couche physique



A : DB9 male femelle.



B : DB25 male femelle.

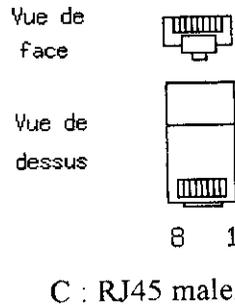


Figure III-6 Les connecteurs RS232.

A : DB9 mâle femelle B : DB25 mâle femelle C : RJ45 mâle

III-3-2 Définition de la couche liaison

La couche de liaison fournit les moyens fonctionnels et procéduraux nécessaires à l'établissement, au maintien et à la libération des connexions de liaison de données entre les entités du réseau. Elle détecte et corrige les erreurs dues au support physique et signal à la couche réseau les erreurs irrécupérables. Elle supervise le fonctionnement de la transmission et définit la structure syntaxique des messages et la manière d'entraîner des échanges suivant des protocoles normalisés ou non. [9]

L'objectif de la couche de physique est d'émettre les données reçues de la couche de liaison et de les remonter vers la couche de liaison. L'objectif de la couche de liaison est de sécuriser les échanges en détectant et/ou en corrigeant les erreurs et de décider du moment d'émission (méthode d'accès). Les données échangées sont appelées trames.

La couche de liaison enveloppe les données qui sont en provenance de la couche réseau en y rajoutant des informations, nous citons :

- Entête : Elle définit le rôle de la trame, par exemple : une réponse, un accusé de réception.
- Bit de redondances : Ce sont les bits utilisés pour la détection et/ou la correction d'erreur, par exemple :
 - Le bit de parité : qui consiste à rendre le nombre de bit 1 pair (Utilisé dans le cas d'un bus AS-i)
 - Checksum : c'est une sommation de contrôle (Utilisé dans le cas d'un bus Jbus)
 - Le code de redondance cyclique: Il utilise la division du polynôme qui représente les données transmises par un polynôme générateur et le reste de division est considéré comme le polynôme du CRC.

La couche de liaison gère les mécanismes de l'accusé de réception et cela consiste à renouveler la transmission jusqu'à ce que le récepteur confirme la réception.

III-3-3 La couche réseau

La couche réseau assure toutes les fonctionnalités du relais et l'amélioration du service à s'avoir le contrôle de flux, routage, l'adressage, la détection et la correction d'erreur non réglée à la couche 2. [9]

Cette couche est chargée de résoudre les problèmes de recherche de chemin dans un réseau maillé. Par conséquent, elle doit gérer des données de routage. Ceci est nécessaire dès lors qu'une station doit communiquer au-delà d'un réseau local.

Ainsi la couche réseau doit gérer le problème de contrôle de flux et qui consiste à gérer les paquets pour qu'il transite le plus rapidement possible tout en évitant le problème de congestion.

III-3-4 La couche transport

La couche transport assure un transfert de données transparentes entre entités de session en les déchargeant des détails d'exécution. Elle a pour rôle d'optimiser l'utilisation des services de réseau disponible afin d'assurer au moindre coût les performances requises par la couche session. [9]

La couche de transport gère la transmission de données et d'utiliser au maximum la capacité du médium. Elle peut aussi fragmenter les données provenant de la couche supérieure en attribuant à chaque donnée un numéro. Ainsi, elle doit être capable de rassembler les fragments de données.

III-3-5 La couche session

La couche session fournit aux entités de la couche présentation les moyens d'organiser et de synchroniser les dialogues et les échanges de données. [9]

Une session peut par exemple être utilisée pour la connexion à distance d'un terminal à un ordinateur ou pour le transfert d'un fichier. Cette couche prend ainsi en charge les services liés à la connexion tel que la gestion du temps de communication, l'établissement, le maintien et la libération de la communication.

III-3-6 La couche présentation

La couche présentation s'occupe de la syntaxe et de la sémantique des informations en se chargeant notamment de la représentation des données. [9]

Cette couche est justement conçue pour traduire en une "langue universelle" car chaque système peut codé différemment un nombre (représentation de l'information). Dans cette couche peuvent être implantés des algorithmes de compression.

III-3-7 La couche application

La couche application donne au processus d'application le moyen d'accéder à l'environnement OSI et fournit tous les services directement utilisables par application [9]

La couche application constitue l'interface entre le réseau et l'utilisateur et elle définit les standards pour les différents logiciels.

La figure III-7 montre le processus d'encapsulation sur les différentes couches du modèle OSI.

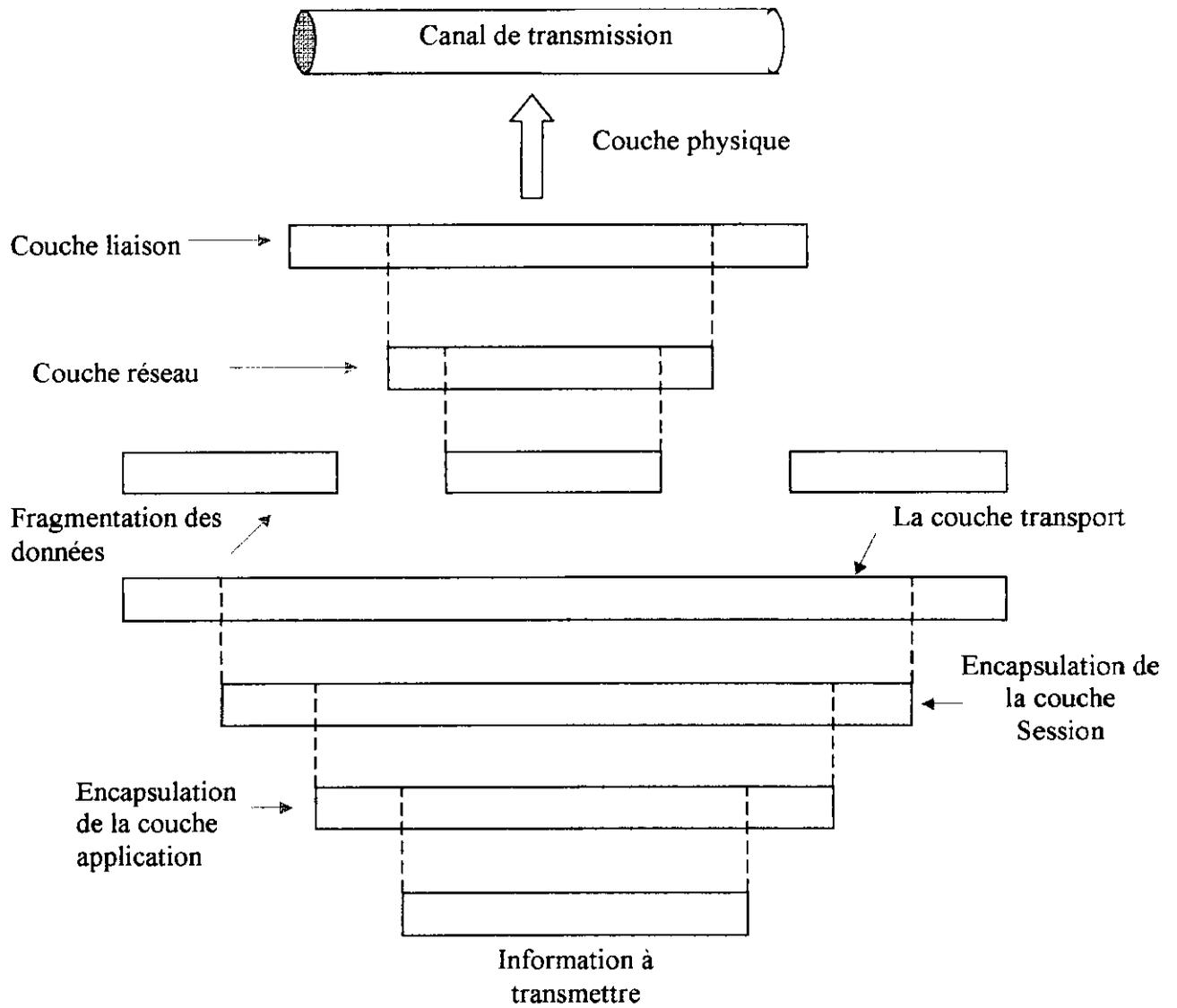


Figure III-7 Encapsulation à travers les sept couches d'OSI

Les bus de terrain utilisent selon le modèle de référence les couches suivantes:

- 1- Couche physique.
- 2- Couche liaison.
- 3- Couche Application.

Ces couches sont citées par les constructeurs pour assurer à l'utilisateur les fonctionnalités du bus et ses performances.

III-4 Le protocole TCP/IP

La création de l'Internet débute en 1962 avec la demande de US AIR FORCE à un groupe de chercheur de créer un réseau de communication capable de résister à une attaque nucléaire (Un réseau qui ne comportait pas de point névralgique). [6]

Dans la même année Paul Baran a eu l'idée de créer un réseau hybride et d'architecture étoilée et maillées ou les données pouvait circuler d'une manière dynamique (cherchant le chemin le moins encombré et en patientant si toutes les routes étaient encombrées). Mais à cette époque, le concept fut refusé par le Pentagone. [6][9]

En 1969 le projet fut repris par ARPA sous le nom de ARPANET et qui avait pour objectif de relier les instituts universitaires et les centres de recherches dans le but de partager les équipements informatiques et les données scientifiques.

Ainsi en 1972, on pouvait assister à une démonstration du réseau ARPANET qui relia 50 sites et utilise 20 commutateurs avec le protocole NCP. [13]

Dans la même année, Ray Tomlinson a mis au point un nouveau mode de communication qui est le courrier électronique et le protocole TCP.

Lorsqu'en 1975, le projet était quasiment au point, le gouvernement américain décida de confier le projet à US DCA (Defence Communication Agency) renommé par la suite DISA (Defence Information Systems Agency).

En 1980, S.E UNIX BSD v4.0 inclut le TCP/IP comme protocole de communication standard, mais c'est en 1983 que le TCP remplaça officiellement NCP pour ARPANET et c'est dans la même année que le nom d'Internet fut utilisé pour désigner les réseaux ARPANET et MILNET du DDN (Defence Data Network). Mais TCP/IP fut un réseau utilisé presque exclusivement dans le nord d'Amérique jusqu'à 1988 (ouverture mondiale).[13]

En 1990, le nom ARPANET fut abandonnée et remplacée par Internet. En 1991, Tim Berners-Lee du CERN (Laboratoire européen de physique des particules.) à Genève mis au point une interface d'Internet appelé Wide World Web qui a permis d'ouvrir le réseau d'Internet en lui simplifiant les procédures de consultation de site. L'année 1993 voit l'arrivée du premier Browser supportant le texte et l'image.[14]

Avec l'apparition du WWW, le nombre d'utilisateur d'Internet (TCP/IP) à exploser.

Le TCP/IP est structuré en quatre couches de protocole :

- 1- **La couche de lien** : Elle constitue l'interface avec le réseau (analogie avec les couches physique et liaison du modèle OSI), par exemple Ethernet, Token Ring, Bus de terrain (WorldFip).
- 2- **La couche IP** : Elle gère la circulation des paquets (routage) et on peut trouver dans la même couche deux protocoles : Le ICMP (Internet Control Message Protocol) et le IGMP (Internet Group Management Protocole).
- 3- **La couche transport** : Cette couche est chargée de la gestion des échanges en régulant le flux de données et en les assurant un transport fiable. Il existe dans cette couche deux protocoles : Le protocole TCP (Transmission Control Protocol) et UDP (User Data Protocol).
- 4- **La couche application** : On trouve dans la couche application des programmes utilisateurs tel que : Telnet (connexion à un ordinateur distant), FTP (File Transport Protocol) et SMTP (Simple Mail Transport Protocol).

La figure III-8 montre la superposition des couches Internet de TCP/IP.

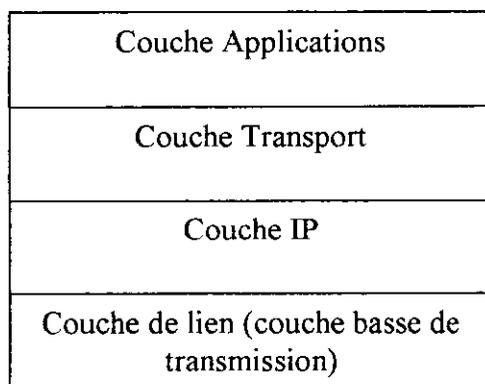


Figure III-8 Superposition des différentes couches de TCP/IP

Dans la figure III-9 ont montre l'encapsulation des données à travers les différentes couches TCP/IP.

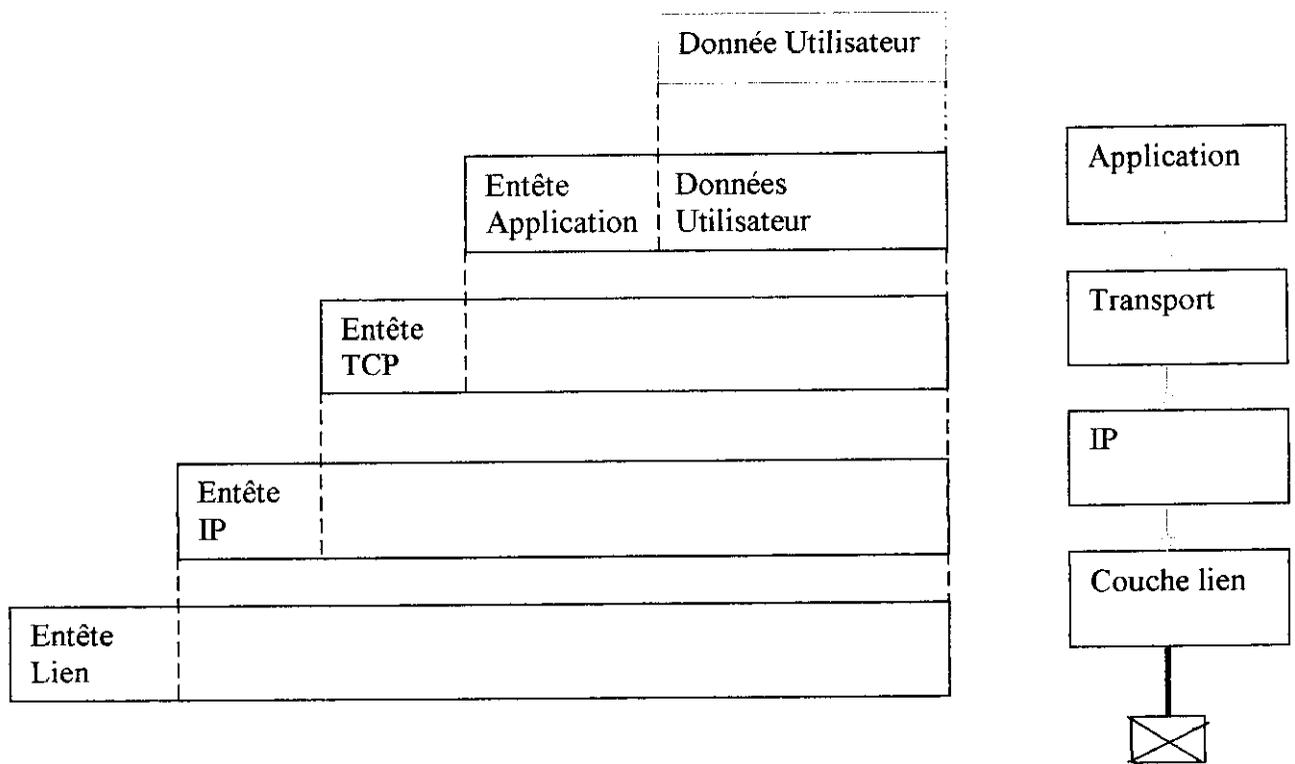


Figure III-9 Encapsulation des données à travers les différentes couches TCP/IP

A chaque passage des données d'une couche à une autre les données seront encapsulé en y ajoutant des entêtes (information nécessaire pour le bon fonctionnement du réseau). L'utilisation ainsi que l'importance des différentes couches sont définie comme suit :

III-4-1 La couche Lien

Cette couche est utilisée pour la transmission de données et elle doit gérer l'accès au medium.

Les formes trames utilisées dépend du réseau utilisé par exemple X25, FFDI, Ethernet, Token Ring et de leurs versions (Selon la norme utilisée)

Par exemple, dans la trame Ethernet (RFC 894) on distingue:

Préambule	Adresse	Type	Données	FCS
-----------	---------	------	---------	-----

- **Le préambule** : Il permet la synchronisation de l'horloge du récepteur avec l'horloge de l'émetteur, il est formé de succession de 7 octets de même forme (10101010) et un octet de la forme 10101011 appelé SFD (Starting Frame Delimiter) qui permet d'annoncer au récepteur le commencement de la trame.

- **L'Adresse MAC** : Elle comporte deux adresses : l'adresse du destinataire (6 octets) et l'adresse de l'émetteur (6 octets).

Chacune des adresses comporte deux champs de 3 octets : Les 3 premiers octet définissent le constructeur de la carte Ethernet et le reste définissent le numéro du coupleur.

Il existe alors trois types d'adresses :

- 1- Unicast : Il désigne 1 seul destinataire.
- 2- Broadcast : Diffusion générale (FF :FF :FF :FF :FF :FF)
- 3- Multicast : Pouvoir adressé un trame pour un groupe de précis.

- **Le Type/Longueur** (2 octets) : Il indique le type de protocole qui a envoyé cette trame ou indique la longueur du champs de données. Le champs de données peut prendre la valeur de 46 octet et jusqu'à 1500 octet (46 octet : 2E H et 1500 octets : 5DC H). Alors si la valeur du champ Longueur dépasse la valeur 5DC H alors il s'agit du champ Type.

- **Les Données** (46 à 1500 octets) : Ces données provient de couche supérieure et non pas de signification particulière pour la couche Ethernet si dans le cas ou les données reçues sont inférieures à 46 alors la couche ajoute une séquence de bourrage (PAD).

- **Le FCS (Frame Check Sequence)** (4 octet): Il permet de valider l'intégrité de la trame à la fin de la réception, il utilise pour cela un code détecteur, le CRC qui est calculé à partir des deux champs d'adresses et le champs de Type/longueur et le champs de données.

Il existe d'autre type de protocole comme : le SLIP (Serial Link Internet Protocol) ou le PPP (Point to Point Protocol) et qui permet d'envoyer des paquets IP entre deux ordinateurs en utilisant une liaison série (RS232 pour modem).

III-4-2 La couche IP

IP est un réseau de transport de paquets en mode non fiable et non connecté. C'est à dire que le paquet peut être perdu dans le réseau, arriver dans le désordre voire en double. La fiabilité n'est assurée que par les couches de transport qui sont dans les ordinateurs d'extrémités.

On appelle datagramme le paquet élémentaire, celui-ci enveloppe les données en provenance des couches supérieures et qui comprend une adresse de destination et une adresse de départ [15].

III-4-3 La couche transport

Cette couche est chargée de la gestion des échanges en régulant le flux de données et en les assurant un transport fiable, cette couche fonctionnent selon le protocole en mode connexion ou sans connexion, il existe deux protocoles de communication :

- TCP (Transmission Control Protocol).
- UDP (User Data Protocol).

III-4-4 Couche d'application

La couche application contient tous les processus utilisés pour transmettre les données. Les applications les plus connus sont :

- Telnet (Network Terminal Protocol) : Protocole terminale de réseau qui permet l'ouverture d'une session à distance.
- FTP (File Transport Protocol) : Protocole qui permet le transfert de fichier.
- SMTP (Simple Mail Transport Protocol) : Protocole de transfert de courrier électronique.
- NFS (Network File System) : il permet de partager les fichiers.
- HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) Il est utilisé pour le transfert des documents WEB
- SNMP (Simple Network Management Protocol) : Pour l'administration de réseaux.

III-5 Le protocole IP :

La figure III-10 montre le format du datagramme IP.

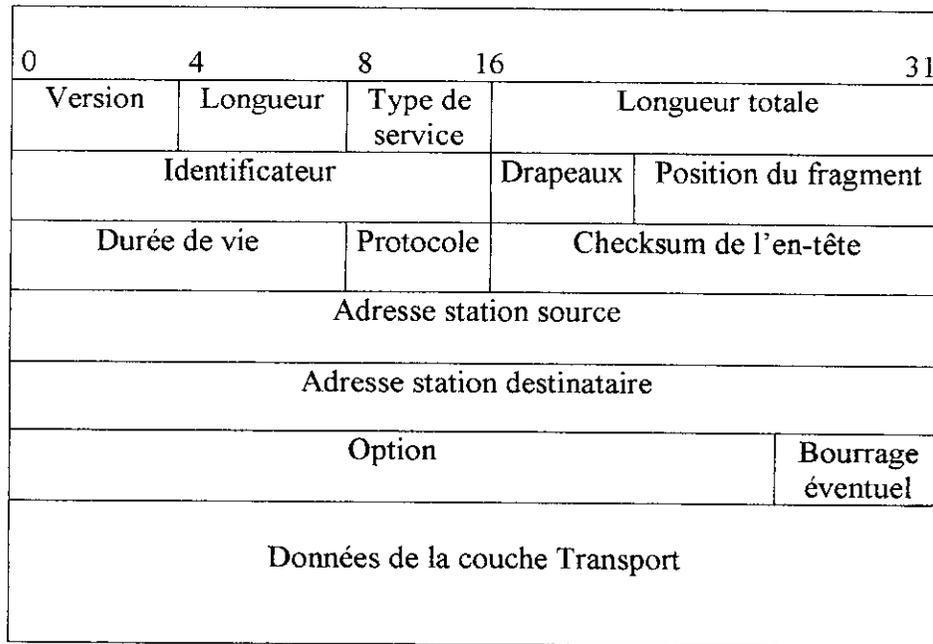


Figure III-10 Le format du Datagramme IP

Dans le format IP, on distingue :

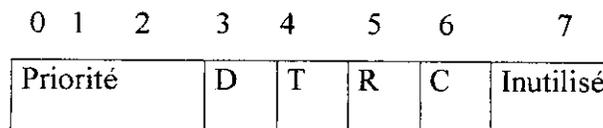
- Longueur totale :

La longueur totale du fragment est exprimée en octet.

- Type de service :

Il indique la manière dont le datagramme doit être géré et il se compose de:

- Priorité du datagramme : il permet d'indiquer son importance, il varie de 0 (priorité normale) et 7 (priorité maximale).
- Le bit D est mis à 1 pour minimiser les délais d'acheminement.
- Le bit T est mis à 1 pour maximiser le débit de transmission.
- Le bit R est mis à 1 pour assurer une plus grande fiabilité.
- Le bit C est mis à 1 pour minimiser les « coûts » de transmission.



- Identificateur :

Identifie le paquet pour la fragmentation (les paquets pour les mêmes fragments portent le même identificateur).

- Drapeaux :

Ils gèrent la fragmentation sur 3 bits :

- Réservee

- DF (Don't fragment) : Demande au routeur de ne pas fragmenter le paquet.
- MF (More Fragment) : Il est positionné à 1 dans tous les fragments sauf le dernier.

- Déplacement (13 bits):

Indique la position du fragment dans le paquet courant (multiple de 8 octets), tous les fragments doivent avoir pour longueur une de multiple de 8 (exception : le dernier fragment).

- Durée de vie d'un fragment (Time To Live) :

Il indique le nombre maximal de routeur à traverser. Chaque passage à un routeur décrémente ce nombre jusqu'il atteint 0 ou il sera détruit.

- Protocole :

Indique le protocole de la couche supérieur (1 : ICMP, 2 : IGMP, 6 : TCP, 17 : UDP).

- Checksum de l'entête :

Checksum est la somme de 16 bit de l'entête complémenter à 1.

- Adresse IP source :

Il contient l'adresse IP émettrice.

- Adresse IP destination :

Il contient l'adresse IP destinataire.

- Option :

Il est de taille variable (compléter par bourrage), Il est utilisé pour le contrôle ou la mis au point.

III-6 L'adresse IP

Chaque équipement connecté à Internet dispose d'une adresse IP de 32 bits. Cette adresse est représentée de façon décimale (162.65.16.2).

Une adresse IP se décompose en deux partie : un identificateur réseau et un identificateur Machine.

Pour des raisons administratives et de routage, on regroupe ses adresses sous forme de classes. Ces adresses réseaux sont demandées auprès du NIC (Network Information Center).

On distingue cinq classes d'adresse IP:

- Classe A : 0.0.0.0 \leftrightarrow 127.255.255.255
- Classe B : 128.0.0.0 \leftrightarrow 191.255.255.255
- Classe C : 192.0.0.0 \leftrightarrow 223.255.255.255
- Classe D : 244.0.0.0 \leftrightarrow 239.255.255.255
- Classe E : 240.0.0.0 \leftrightarrow 247.255.255.255

Chaque classe détermine un nombre de réseau et un nombre de machines pour chaque réseau.

La classe A est utilisée pour des réseaux à grandes envergures tel que par exemple le ministère de défense. La classe B est utilisée pour les reseaux moyens (université, centre de recherche) et la classe C est utilisée pour les petits réseaux. La Classe D ne désigne pas une

machine, mais un ensemble de machines voulant partager la même adresse et ainsi participer à un même groupe. Les adresses de classe E sont inutilisées.

Certaines adresses IP ont une signification particulière telles que:

- L'adresse 0.0.0.0 utilisée par une machine pour reconnaître son adresse IP (amorçage pour des appareils *diskless*).
- L'adresse < adresse Réseau nulle >.<adresses Machine> est utilisée pour désigner une machine dans son propre réseau.
- L'adresse <adresse Réseau>.<adresse Machine nulle> est utilisée pour désigner un réseau.
- L'adresse <adresse Réseau>.<adresse Machine à 1> est utilisée comme adresse de diffusion broadcast.
- L'adresse 255.255.255.255 est utilisée comme adresse de diffusion broadcast (dans ce cas la machine n'est pas forcée de reconnaître son adresse réseau).
- L'adresse 127.x.y.z est utilisée comme adresse de rebouclage (communication inter processus sans l'utilisation d'interface matériel).

La figure III-11 montre la classification des adresses IP ainsi que l'attribution des adresses réseaux et les adresses machines.

III-7 Le protocole ICMP (*Internet Control Message Protocol*)

Le protocole ICMP est utilisé pour organiser l'échange d'information en envoyant des messages d'erreurs vers un routeur ou un équipement.

La figure III-12 montre le format d'un message ICMP.

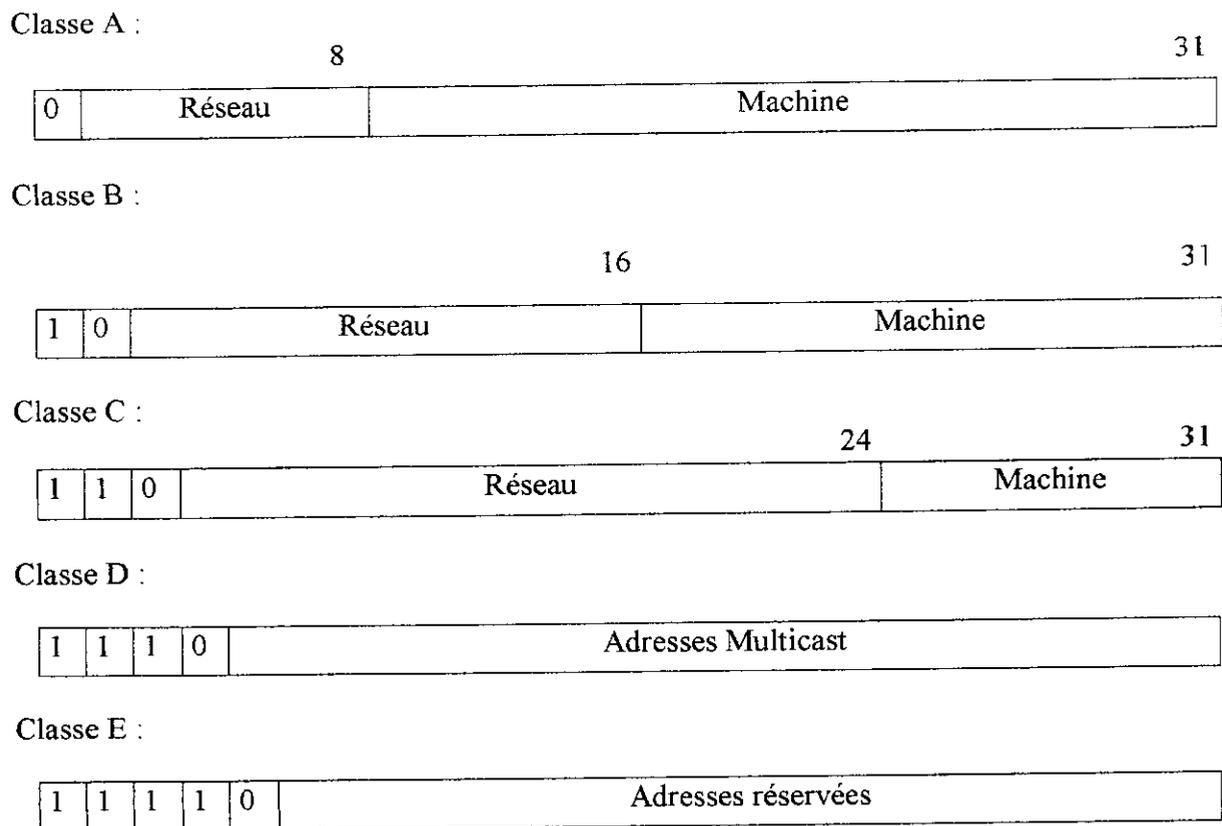


Figure III-11 : Classification des adresses IP et attribution des adresses réseaux et les adresses machines

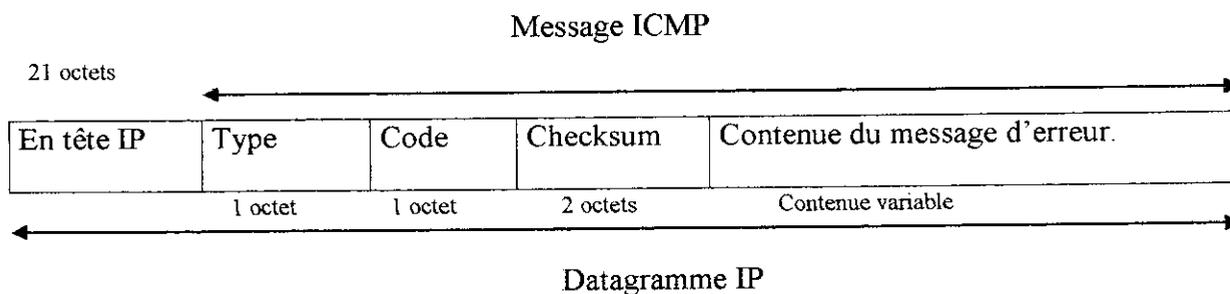


Figure III-12 Le format d'un Message ICMP

Les champs *Type* et *code* permettent de préciser la nature et le contexte du message d'erreur. Le champ Checksum est la somme de contrôle de tout le message ICMP.

III-8 Le Protocole ARP (Adress Resolution Protocol) :

Le protocole ARP convertie l'adresse IP en une adresse MAC (Ethernet). Cette conversion se fait par une diffusion d'une *requête ARP* (qui contient l'adresse IP à convertir). Si une machine reconnaît que cette requête lui est destinée alors elle répond par une *réponse ARP*.

La figure III-13 montre le format d'une requête ou réponse ARP pour un réseau Ethernet.

Adresse Ethernet de destination	Adresse Ethernet de source	Type de trame	Type de matériel	Type de protocole	Taille matériel	Taille protocole	Op	Adresse Ethernet de l'émetteur	Adresse IP de l'émetteur	Adresse Ethernet du récepteur	Adresse IP du récepteur

Figure III-13 Le format d'une Requête ou une réponse ARP sous Ethernet

Dans le format d'une Requête ou une réponse ARP sous Ethernet, on distingue :

- Adresse Ethernet destination vaut l'adresse de diffusion FF : FF : FF : FF : FF : FF.
- Adresse Ethernet source : Demandeur du service ARP
- Type de trame : 0x0806 pour le Type ARP.
- Type de matériel : il dépend du réseau utilisé (1 pour Ethernet).
- Type du protocole : 0x800 pour IP.
- Taille matériel : il vaut 6 (6 octet pour l'adresse Ethernet)
- Taille protocole : il vaut 4 (4 octet pour l'adresse IP)
- Op. : Il vaut 1 pour une *requête ARP*, 2 pour une *réponse ARP*.

L'adresse Ethernet de l'émetteur est redondante (Adresse Ethernet Emetteur → Adresse Ethernet de source.).

Lorsque un équipement reçoit *Demande ARQ* et après avoir reconnu son numéro, elle intervertit les adresses IP émetteur et IP récepteur ainsi que les adresses Ethernet (Op.=2) et elle répond alors par une *requête ARQ*. A chaque utilisation du protocole ARP, La station enregistre dans la mémoire le couple (Adresse IP, Adresse MAC).

Le protocole RARP joue le rôle inverse du protocole ARP, c'est à dire que l'adresse MAC est connue et l'adresse IP est inconnue. Ce protocole est utilisé pour attribuer une adresse IP à une station qui n'a d'unité de stockage permanent. La demande RARP est diffusée sous forme de broadcast qui est reçue par toutes les stations mais la plupart des machines l'ignorent seuls les serveurs ARP traitent cette demande.

La requête et la demande RARP sont identiques à la demande/requête ARP avec type de trame : 0x0835 et Op.=3 pour une demande et Op.=4 pour une requête.

III-9 Routage IP

Le routage est une des fonctions supporté par la couche IP.

Le routage est l'une des fonctions les plus importantes et il consiste à acheminer les datagrammes d'un point initial au point de destination dans les différents réseaux d'Internet.

On distingue deux types de remise des datagrammes à la destination:

- La remise directe (sans passage d'un routeur).
- La remise indirect (au moins un routeur sépare le destinataire et la source).

La remise indirecte nécessite de déterminer le chemin à prendre pour parvenir au destinataire. Ceci est fait grâce à une table de routage qui détermine vers quelle sortie le datagramme sera envoyé. La table de routage contient des couples de Destinataire et de routeur (routeur directement accessible). Cette technique est appelée routage par saut successif (next hop routing) car les routeurs ne connaissent que la première partie qui mène au destinataire.

La table de routage peut se faire :

- 1- D'une manière Statique (utilise une table de routage rentré manuellement par l'administrateur du réseau)
- 2- D'une manière Dynamique : Elle consiste à faire évoluer la table de routage en fonction de l'évolutions des route et ceci nécessite un protocole de communication.

III-10 Protocole de routage

RIP (Routing Internet Protocol) est un protocole de type vecteur de distance c'est à dire que les informations échangées entre les routeurs contiennent un ensemble de distance métrique (nombre de saut qui sépare la source du destinataire) comprise entre 1-15. Si la distance métrique est supérieure à 15, elle prend la valeur « infini » :16. Le calcul des tables de routage se fait grâce à l'algorithme de Bell Ford (recherche du plus court chemin dans un graphe).

OSPF (Open Shortest Path First) est un nouveau protocole de routage dynamique. OSPF est un protocole de type *State Link*. Chaque routeur écoute le réseau en continu afin de recenser tous les éléments qui l'entourent, ce qui permet à chaque routeur de posséder une carte de la topologie du réseau afin de calculer les routes pour chaque datagramme.

Le RIP et OSPF appartiennent à un protocole de type IGP (Internet Gateway Protocol). Ce protocole permet d'établir des tables de routage interne pour des systèmes autonomes (c'est un système qui assure la communication de tous les éléments qui le constituent et en utilisant un seul protocole de routage). L'internet est constituée de l'interconnexion des systèmes autonomes. Les échanges d'informations entre un routeur d'un système autonome et un routeur extérieur se font grâce à des protocoles tels que EGP (External Gateway Protocol) et BGP (Border Gateway Protocol).

La figure III-14 montre les différents protocoles de routage entre les différents systèmes autonomes.

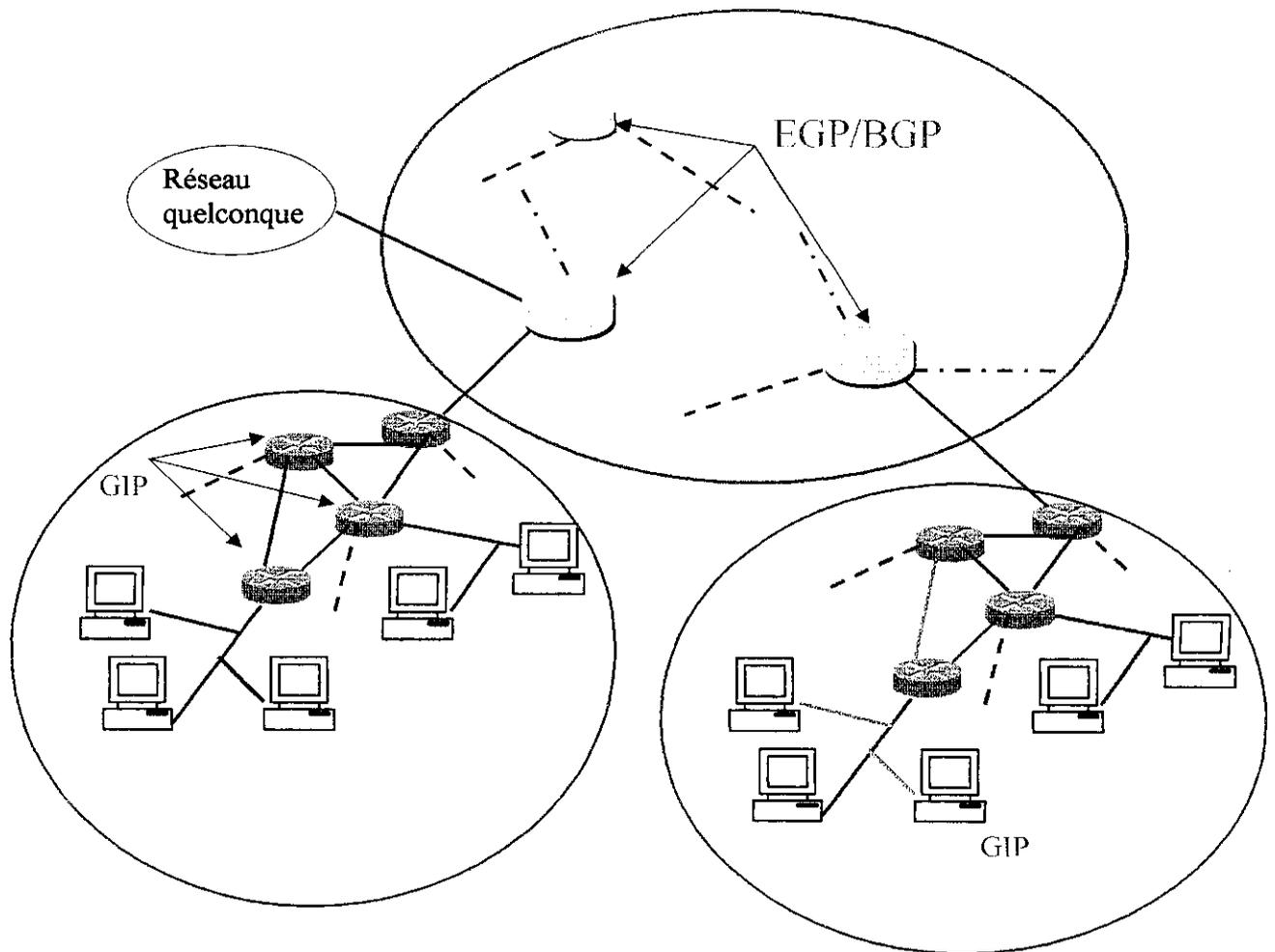


Figure III-14 Les différents protocoles de routage entre les différents systèmes autonomes

III-11 UDP (User Data Protocol)

Le protocole UDP utilise la couche Internet Protocol pour transmettre les données en mode non fiable car il n'utilise pas d'accusé de réception et donc ne peut pas garantir que les données ont été bien reçues.

La figure III-16 montre le format d'un segment UDP.

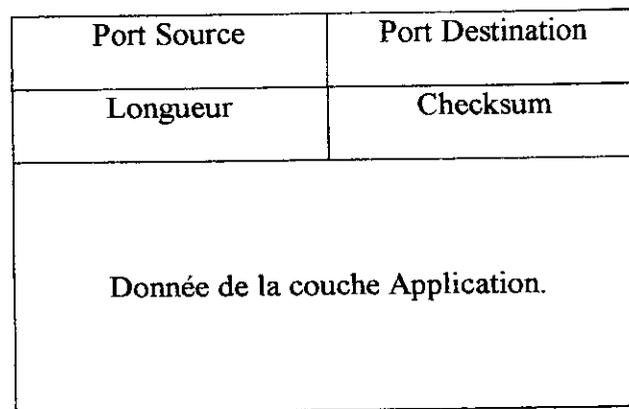


Figure III-16 Format d'un segment UDP

Dans ce format, on distingue :

- Port Source et Destination : Identifie le processus de l'émetteur et du récepteur de la couche application sur les deux machines (Local et Distante).
- Longueur : (2 octets) Il contient la longueur totale de l'entête et des données.
- Checksum : S'il est à 0 alors il n'a pas été calculé donc inutilisable. Dans le cas contraire, il sera calculé avec la *pseudo entête*.

La figure III-17 montre l'utilisation d'un pseudo entête pour le calcul du Checksum.

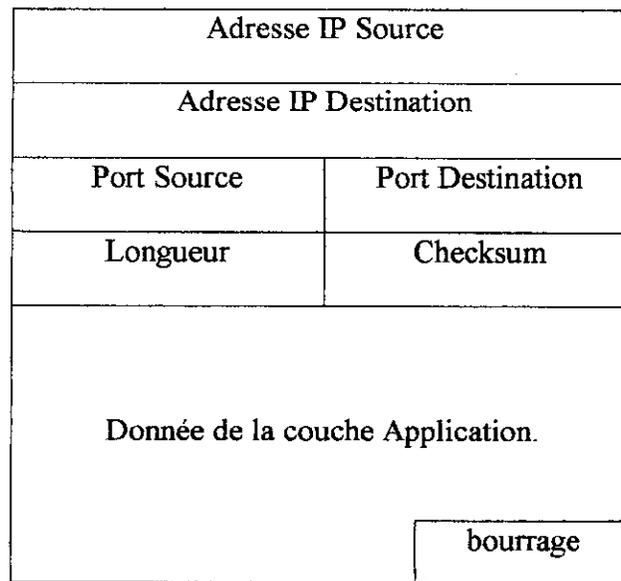


Figure III-17 Utilisation du Pseudo entête pour le calcul du Checksum.

III-12 TCP (Transmission Control Protocol)

Le protocole TCP offre une transmission de données fiable en orienté connecté.

Le TCP orienté connexion établit une connexion logique de bout en bout entre les deux hôtes communiquant et il est caractérisé par :

- l'établissement et fermeture de la connexion virtuelle, segmentation et réassemblage des données.
- l'acquittement des datagrammes reçus et retransmission sur absence d'acquittement
- le contrôle de flux.
- le multiplexage des données issues de plusieurs processus hôtes en un même segment.
- la gestion des priorités des données et de la sécurité de la communication.

La figure III-18 montre le format d'un segment TCP.

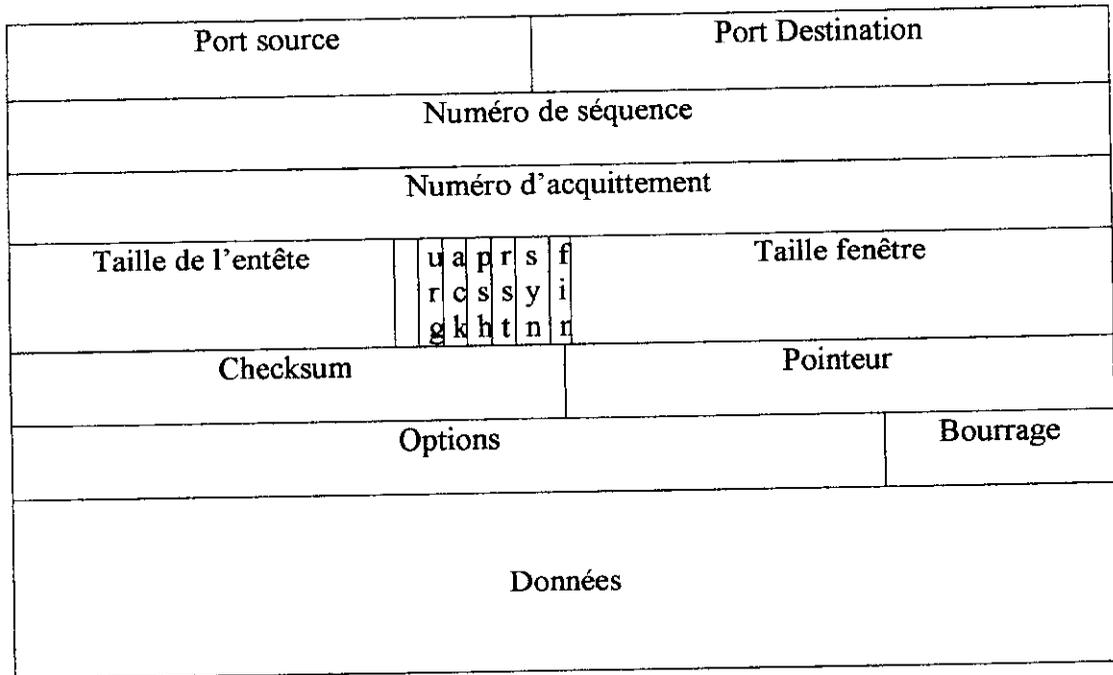


Figure III-18 Format d'un segment TCP

Dans ce format, on distingue:

- * Le numéro de port Source et Destination permet de connaître les Processus d'application qui sont entrains de communiquer.
- Numéro de séquence : indique le numéro du premier octet transmit.
- Numéro d'acquittement : indique le numéro du prochain octet attendu.
- Taille de l'entête : (4 bits) elle donne la taille de l'entête en mot.
- Les bits de contrôle :
 1. Urg = 1 alors le champs de priorité est utilisé (demande d'interruption d'émission).
 2. Ack=1 si la valeur du champ d'acquittement est significative.
 3. Psh=1 indique une fin de message et les données doivent être transmise à la couche supérieure.
 4. RST=1 Demande de réinitialisation de la connexion.
 5. Syn=1 Demande de d'ouverture de connexion.
 6. Fin =1 Fin de connexion.
- Fenêtre : indique le nombre d'octet que le récepteur peut accepter dans un paquet.
- Checksum de l'entête : La somme de contrôle de l'entête.
- Le champ priorité contient lors d'une interruption d'émission (URG=1) un pointeur sur les octets de données à traiter en priorité.
- Le champ options permet de définir, par exemple, la taille maximale d'un segment [16].

III-6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons procédé à une étude de différents protocoles de communication.

Une définition de différentes couches a été présentée. La nature et le procédé de communication des protocoles cités dans ce chapitre nous a permis une maîtrise des trames et des formats de communication.

En dernier lieu, le protocole IP ainsi que son routage a été proposé.

IV-1 Introduction

Dans ce qui précède, une étude détaillée des architectures et topologie des réseaux a été présentée. Les différents protocoles de communication industriels ont été exposés on s'intéresse alors à une application pratique dans le monde industriel. Un choix d'une chaîne de Pepsi s'est avéré intéressant.

On s'est concentré plus sur l'aspect commande des actionneurs de puissance : c'est les variateurs de vitesse. Ces variateurs sont interconnectés par un bus de communication lui permettant un contrôle centralisé et un paramétrage à distance. Nous allons ensuite présenter le convoyeur. En second lieu le mode et le protocole de communication seront discutés avec une analyse détaillée des différents états du système.

IV-2 Description du convoyeur de bouteille :

La ligne KRONES de PEPSI Cola est une ligne de production de bouteille de verre d'une capacité de 48.000 bouteilles par heure.

Elle est constituée des différentes parties et qui sont :

- 1- Dépalettiseur : Elle permet de séparer grâce à un robot les palettes et les caisses.
- 2- Décaisseuse : Elle permet de séparer les bouteilles et les caisses, les caisses sont acheminées grâce à un convoyeur de caisse vers l'encaisseuse.
- 3- La laveuse de bouteille : Elle permet de laver les bouteilles avec un mélange de soude et d'eau sous une température de 60°C.
- 4- Inspectrice : Elle permet de contrôler l'état de la bouteille.
- 5- Soutireuse : Elle permet de remplir les bouteilles avec les produits PEPSI.
- 6- Contrôleur de niveau : il permet de contrôler le niveau des produits dans chaque bouteille grâce à des ultra son.
- 7- Etiqueteuse : Elle permet de coller sur la surface de la bouteille des étiquettes de PEPSI COLA.
- 8- La dateuse : Elle permet d'imprimer sur les bouchants la date de fabrication du produit.
- 9- Encaisseuse : Elle permet de mettre les bouteilles dans les caisses.
- 10- Palitiseuse : Elle permet de mettre grâce à un robot les caisses sur la palette.

La figure IV-1 indique les différents éléments de la chaîne de production.

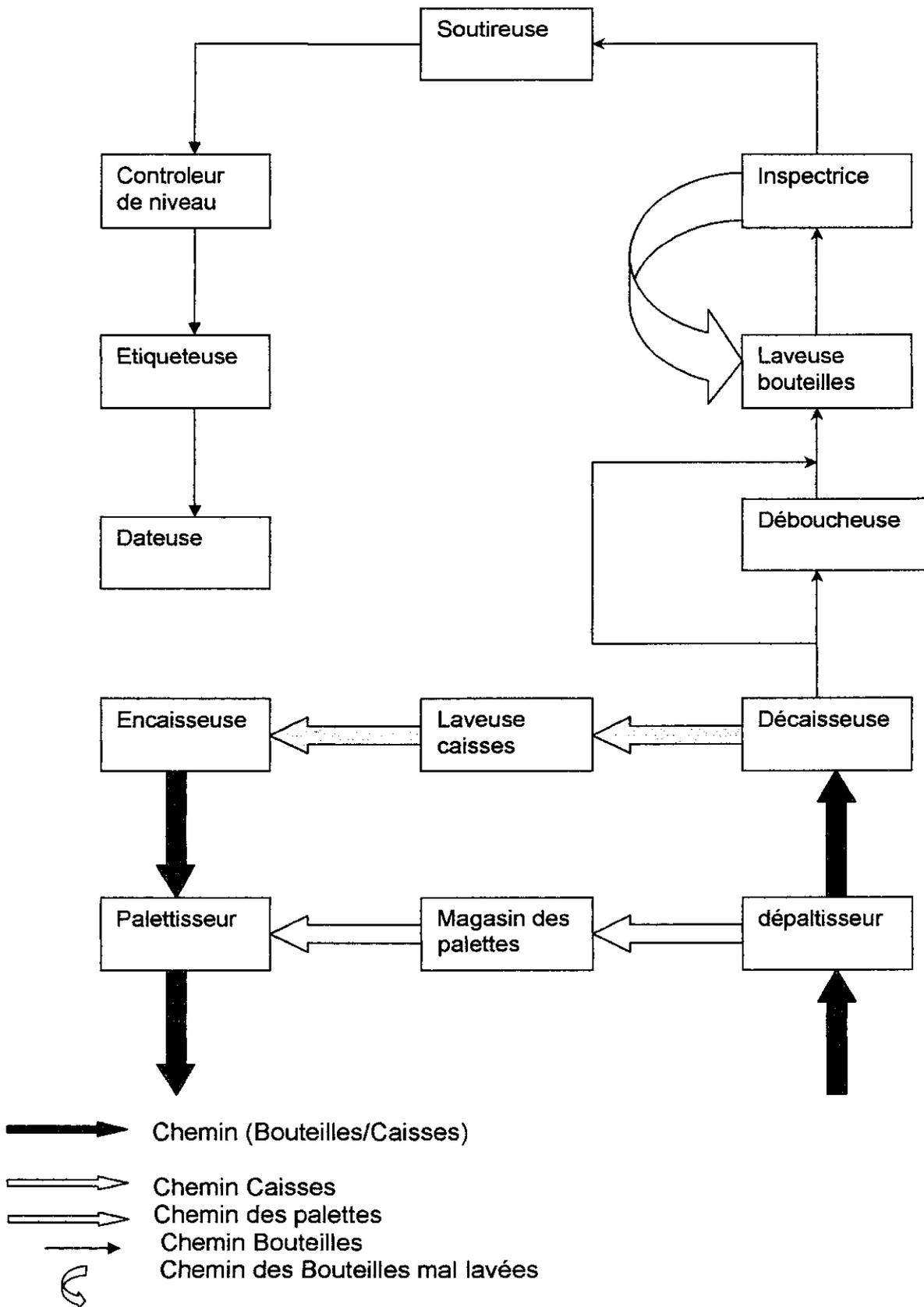


Figure IV-1 Les éléments de la chaîne de production

Le convoyeur de bouteille permet de transporter les bouteilles vers les différents éléments de la chaîne de production.

Le convoyeur de bouteille est bâti autour d'un automate central S7-400 CPU 414-2 DP (6ES7 414-2XJ01-0AB0). Cet automate est constitué des éléments suivants :

- Interface DP : C'est un processeur de communication jouant le rôle d'un maître.
- Un module CP 441-2 : Deux interface Point to Point (6ES7 441-2AA02-0AE0).
- 3 modules TOR 24V en entrée (32). Ref. 6ES7 421-1BL00-0AA0.
- 3 modules TOR 24V en sortie .Ref. 6ES7 422-1BL00-0AA0.

La cartouche CP 441-2 permet la communication de l'automate avec un HMI (Interface Humain Machine) sur une interface RS 232 et une distance de 30 m. Les deux HMI sont utilisés comme mouchard pour signaler un défaut dans la chaîne de production.

La figure IV-2 montre les éléments enfichés dans le Rack de l'automate S7 400.

[0] UR1	
1	PS407 10A
3	CPU414-2 DP
X3	DP-Master
5	
6	CP441-2
7	
8	
9	
10	
11	DI32xDC 24V
12	DI32xDC 24V
13	DI32xDC 24V
14	
15	DO32xDC24V/0.5A
16	DO32xDC24V/0.5A
17	DO32xDC24V/0.5A
18	

Figure IV-2 Les différents modules enfichés dans le rack de base 0

L'automate S7-400 peut communiquer avec les différents modules grâce au réseau Profibus qui relie les différents esclaves DP, Tels que :

- variateurs de vitesse de type VLT 5000 avec carte RS485. (53 variateurs de vitesse)
- modules d'entrées et sortie L-16 DI/16DO. (9 modules E/S)
- modules d'entrées et sortie ET 200 M IM 153-1 (4 modules)

Les modules ET 200 M IM 153-1 sont des modules d'entrée / sortie déportés. Chaque module ET 200 M se compose d'un module IM 153-1 et des modules TOR ou analogique enfichable dans un RACK selon le besoin de l'utilisateur.

Le maître DP S7 400 communique avec les modules ET 200M et les modules L-16DI/16DO de manière cyclique, c'est à dire à la fin de chaque cycle le maître met à jour la mémoire image de tous les esclaves DP.

La méthode d'accès dans le bus Profibus est le Tokenring et la procédure de transmission correspond à la transmission symétrique des données selon la norme EIA RS 485 sur paire électrique.

Le support utilisé est une paire torsadée blindée, le câble a toujours à ces extrémités une résistance de terminaison, cette ligne est appelée segment.

La résistance de terminaison est nécessaire à chaque segment car elle permet d'éviter la réflexion d'onde. Chaque connecteur RS 485 est équipé d'une résistance de terminaison alimentée par l'équipement.

On peut coupler dans un segment jusqu'à 32 stations maximales. La longueur du réseau peut être prolongée de dix fois la longueur du segment et le nombre de station augmenté jusqu'à 127 au maximum et ce grâce à des répéteurs RS 485.

La connexion des stations au bus se fait grâce à des répéteurs ou des boîtiers de connexion, ou avec des connecteurs.

Le tableau IV-1 indique certaines propriétés physiques sur la transmission Profibus.

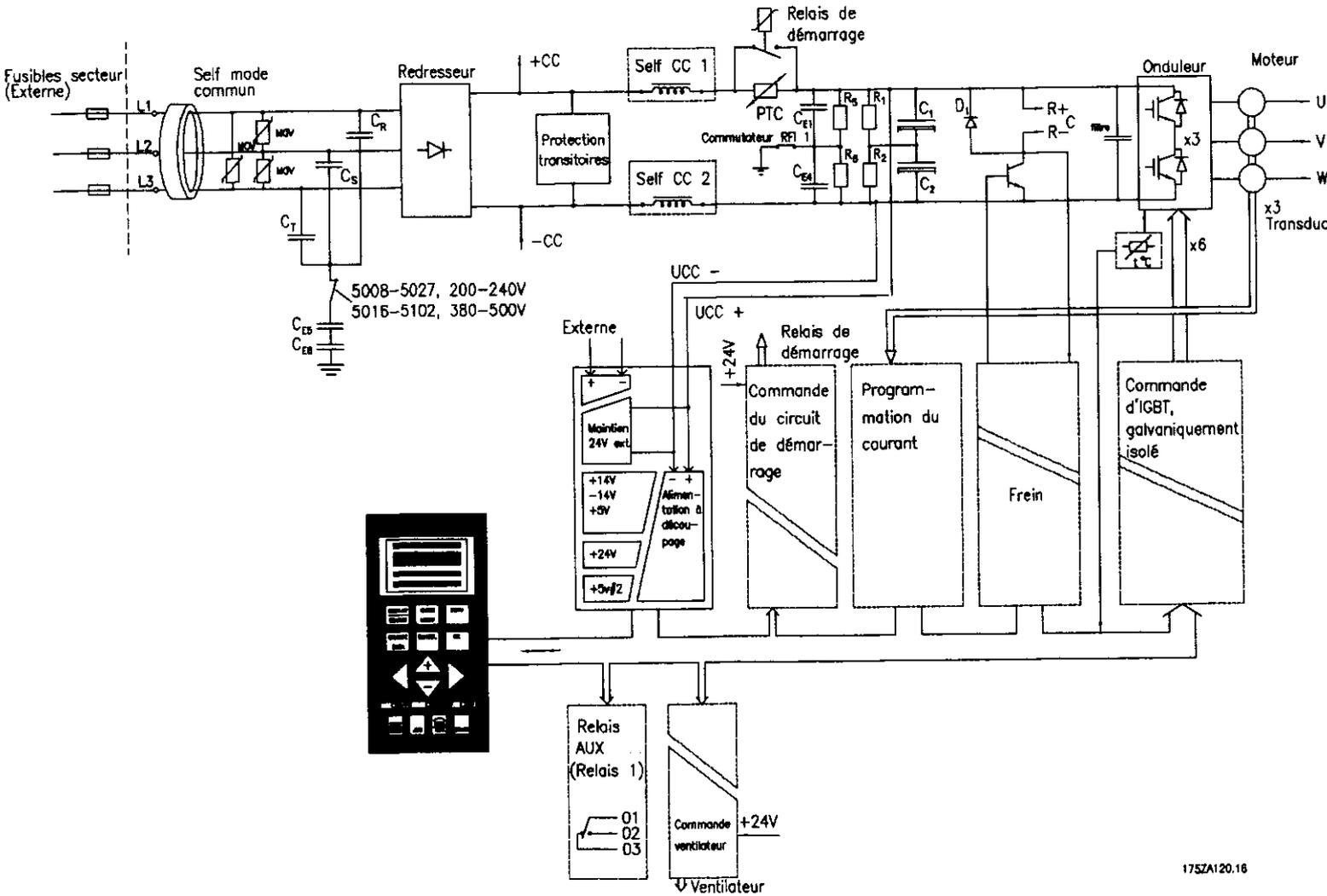
Topologie de réseau :	linéaire, arborescente en utilisant des répéteurs
Support	paire torsadée blindée
Longueur max. de segment :	1.000 m pour vitesse de transmission jusqu'à 87,5 Kbit/s 400 m pour vitesse de transmission de 500 Kbit/s 200 m pour vitesse de transmission de 1,5 Mbit/s 100 m pour vitesses de transmission de 3, 6 et 12 Mbit/s
Nombre de répéteurs connectés en série :	9 max.
Nombre de stations :	32 max. par segment de bus 127 max. par réseau en cas d'utilisation de répéteurs
Vitesses de transmission :	9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s, 45,45 kbit/s, 93,75 kbit/s, 187,5 kbit/s, 500 kbit/s, 1,5 Mbit/s, 3 Mbit/s, 6 Mbit/s, 12 Mbit/s

Tableau IV-1 Propriétés physiques de la transmission Profibus

La figure VI-3 donne le schéma d'un variateur de vitesse.

VL7® Série 5000

■ Diagramme pour VL7 5001-5027
 200-240 V, VL7 5001-5102 380-500V,
 VL7 5001-5062 550-600 V



175ZA120.16

Technologie

Pour pouvoir connecter les différents équipements, il faut respecter certaines conditions et qui sont : [18]

- 1- Ne pas dépasser la longueur du segment maximale (32 stations par segment).
- 2- La somme de tous les coefficients d'un segment ne doit pas dépasser 27.
- 3- Si :
 - A- La distance entre les équipements voisins de connexion est supérieure à 10 m, les coefficients de ses équipements ne sont pas pris en compte.
 - B- La distance entre les équipements voisins est supérieure à la somme des coefficients en mètre, les coefficients de deux équipements les plus proches ne sont pas pris en compte
 - C- La distance entre les équipements voisins est inférieure à la somme des coefficients en mètre, alors on forme un groupe. Dans ce cas, il faut tenir compte des conditions suivantes :
 - La distance entre les équipements de connexion peut être réduite à condition que la somme des coefficients ne soit pas inférieure à 5.
 - La distance entre les deux groupes voisins doit être au moins égale à la somme des coefficients de ces groupes voisins.

Le maître S7-400 CPU 414 DP communique avec le variateur de vitesse avec une transmission de données cohérente grâce à des fonctions systèmes SFC 14 (Ecriture) et SFC 15 (l'écriture).

La communication de l'automate S7-400 et le variateur de vitesse se fait grâce à un protocole de communication dédié sur Profibus.

IV-3 Présentation du variateur de vitesse Danfoss

Le variateur de vitesse DANFOSS consiste à fournir une tension alternatif d'amplitude et fréquence variables, ce qui offre un moyen de régulation pour les moteurs.

Un variateur de vitesse est constitué de :

- **Un redresseur** : il permet de redresser la tension alternative en une tension continue.
- **Un filtre** : il permet de filtrer les perturbations.
- **Un onduleur** : il permet de transformer une tension continue en une tension alternative.
- **Un circuit de commande** : il permet de générer le profil d'impulsion pour convertir une tension continue en une tension alternative.

Le variateur de vitesse utilisé par PEPSI COLA est un VLT série 5000 de DANFOSS qui commande les moteurs asynchrones.

Le VLT 5000 mesure constamment le courant de sortie sur chaque phase du moteur ce qui lui permet d'estimer le couple de charge. La tension délivrée au moteur dépend du courant mesuré et du moteur type. Le modèle type du moteur est amélioré en utilisant les algorithmes d'adaptation du moteur AAM permettant d'estimer les valeurs de la résistance et l'inductance du stator. [18]

Le variateur de vitesse Danfoss est utilisé avec l'interface RS 485 (carte optionnelle) pour pouvoir communiquer sur le réseau Profibus.

Les caractéristiques techniques de ce variateur sont données dans le tableau IV-2.

Alimentation du secteur	Triphasé 380
Courant de sortie	Nominal $I_{VLT,N}=2.2$ A Maximal $I_{VLT,N}=3.5$ A
Puissance de sortie	$S_{VLT,N} = 1.7$ KVA
Puissance de sortie sur l'arbre	$P_{VLT,N} = 0.75$ KW
Section maximale du câble de moteur, freinage et répartition de la charge	4/10 (selon la norme American Wire Gauge)
Courant nominale d'entrée	$I_{L,N} = 2.3$ A
Fusible d'entrée	
Fusibles d'entrée, taille max. [-]/UL 1) [A]	16/6 (selon le constructeur Ferraz shawmut « UL »)
Rendement	0.96
Poids de l'IP 20 EB Format livre [kg]	7
Poids de l'IP 20 EB Compact [kg]	8
Perte de puissance à charge max.	11.5
Protection	IP 20/IP 54

Tableau IV-2 Caractéristiques Techniques du variateur de vitesse

Le variateur est alimenté avec une tension triphasée L1, L2, L3 sur les bornes 91, 92, 93.
 Le moteur est alimenté par la tension 96, 97, 98 et les bornes 99,95 sont utilisées comme masse.

La figure IV-4 montre le raccordement du moteur à la borne UVW.

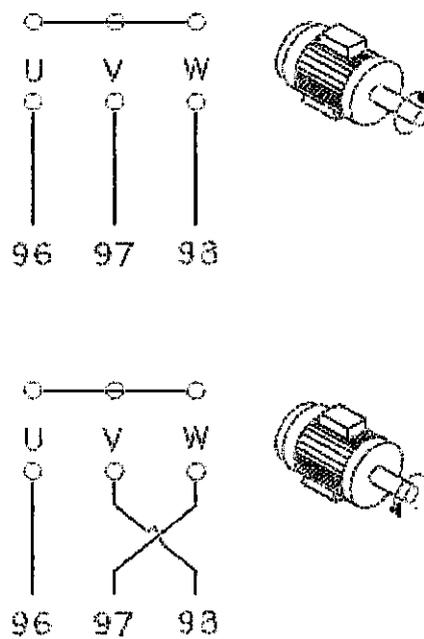


Figure IV-4 Raccordement du moteur au variateur de vitesse.

La figure IV-5 montre les différentes bornes d'une carte standard VLT équipée d'un RS485.

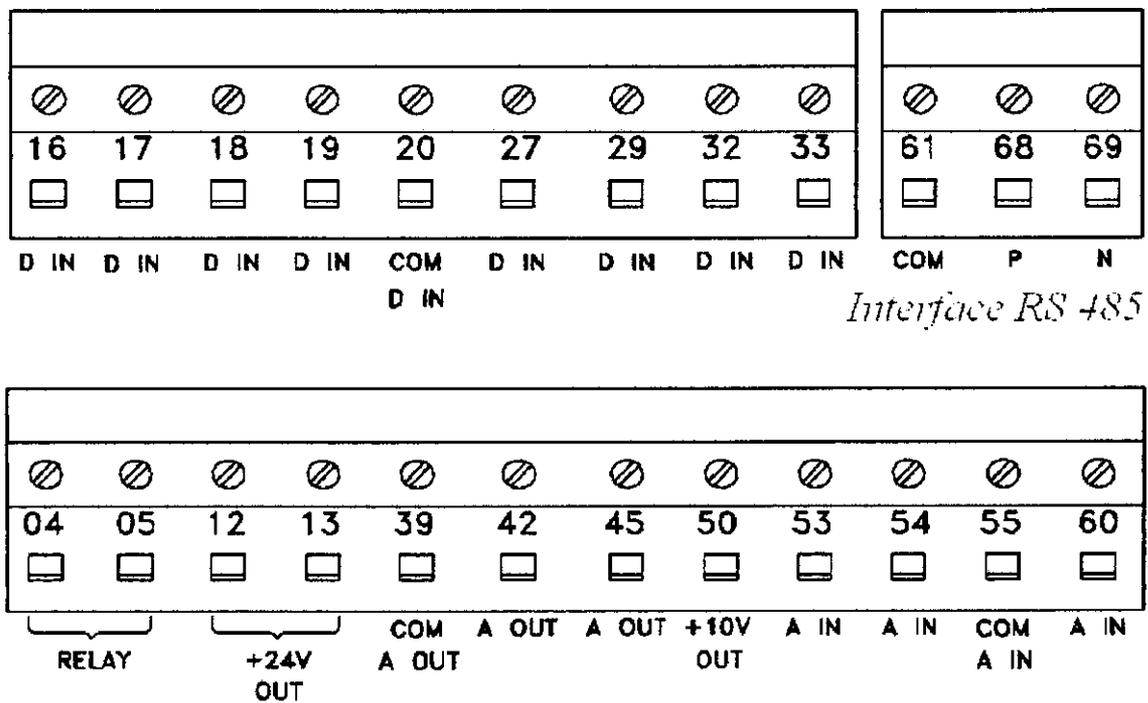


Figure IV-5 Les Bornes de la carte VLT [19]

Ces bornes de la carte VLD sont définies comme suit :[19]

- **Les bornes (81,82) :** Elles permettent de décharger l'énergie du moteur à la résistance pour garantir un freinage rapide.
- **Les bornes (106, 104, 105) :** Commutateur de température permettant d'arrêter de freiner si la température est élevée sur la résistance de freinage

- **Les bornes (35,36)** : Une alimentation extérieure 24 Vcc peut servir d'alimentation basse tension pour la carte de contrôle et les cartes optionnelles.
- **Les Bornes 88, 89** permettent le partage de charge entre les variateurs de vitesses, la longueur du câble maximale est de 25 m.
- **Les bornes 01 02 03** sont des relais (ouvert 1+3, fermé 1+2) pour le paramètre 323.
- **Les bornes 04 05** sont aussi des relais de sortie (04+05 fermé) pour le paramètre 326.
- **Les bornes 12 et 13** : Elles assurent l'alimentation en tension vers les entrées numériques (alimentation obligée pour utiliser les entrées numériques à condition que le commutateur 4 soit en position « ON »).
- **Les bornes 16-33** sont des entrées numériques d'un encodeur.
- **La borne 20** est une masse pour les entrées numériques.
- **La borne 39** est une masse pour les sorties analogiques/ numériques ainsi que pour l'indication de la fréquence, de la référence du courant et de la tension.
- **Les Bornes 42,45** sont des sorties analogiques/numériques pour l'indication de la fréquence, de la référence du courant et de la tension.
- **Les bornes (53,54)** sont des entrées de références analogiques (tension 0, +/- 10 Volt)
- **La borne 55** est une masse pour les entrées de référence analogique.
- **La borne 60** est une entrée de référence analogique, courant 0/4-20 mA.
- **La borne 61** est utilisée pour relier le blindage du câble RS485.
- **Les bornes (68,69)** sont utilisées pour l'interface série RS 485.

Les commutateurs DIP 1 à 4 sont utilisés pour l'interface RS485 ; ainsi :

- Le commutateur 1 n'a pas de fonction.
- Les commutateurs 2 et 3 sont utilisés pour la résistance de terminaison du bus.
- Le commutateur 4 est utilisé pour séparer le potentiel de masse de l'alimentation externe à celui de l'alimentation interne.

La figure IV-6 montre la connexion des câblages de communication entre l'automate et le variateur de vitesse.

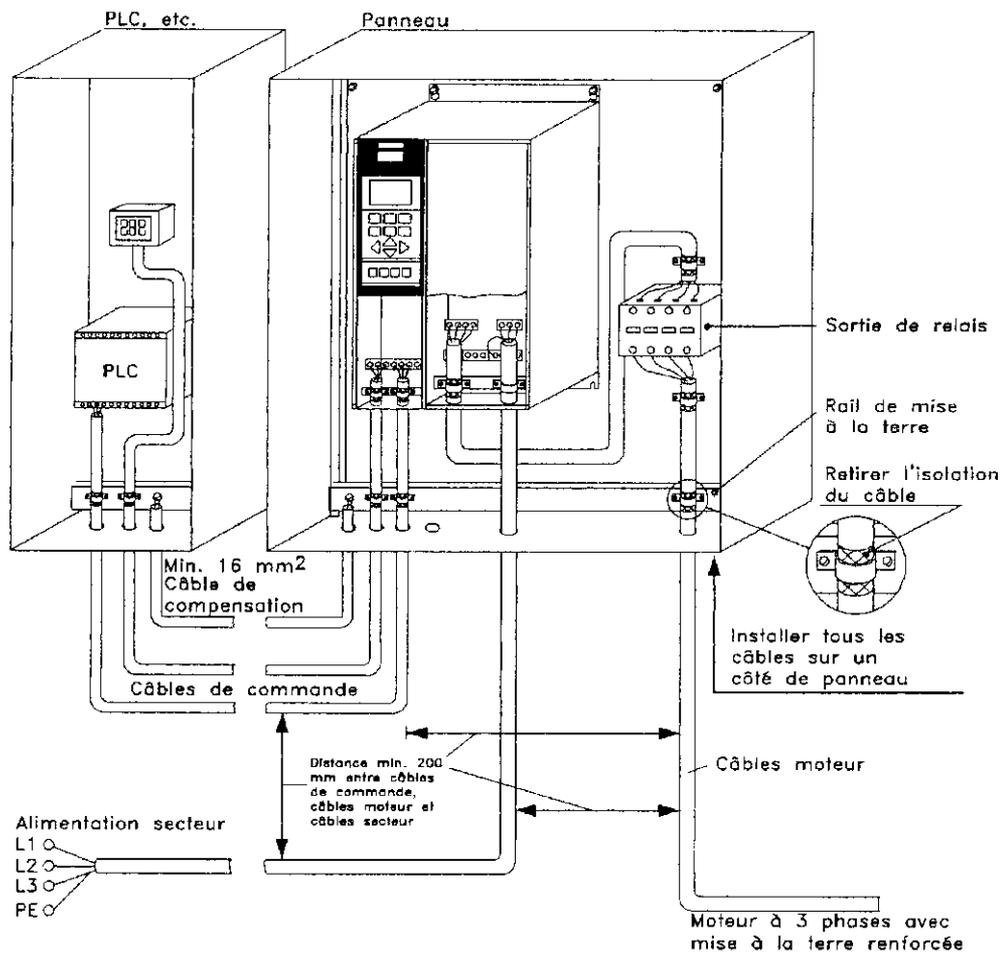


Figure IV-6 Câblage de communication entre automate et variateur de vitesse

IV-4 Mode de programmation du variateur de vitesse

Le variateur de vitesse est doté d'une interface LCP qui permet son contrôle et la configuration de ses paramètres.

Le panneau de commande est divisé en quatre parties :

- l'afficheur.
- Les touches de programmation.
- Les touches de commande locale.
- Les voyants d'indications LED.

La figure IV-7 montre une interface LCP.

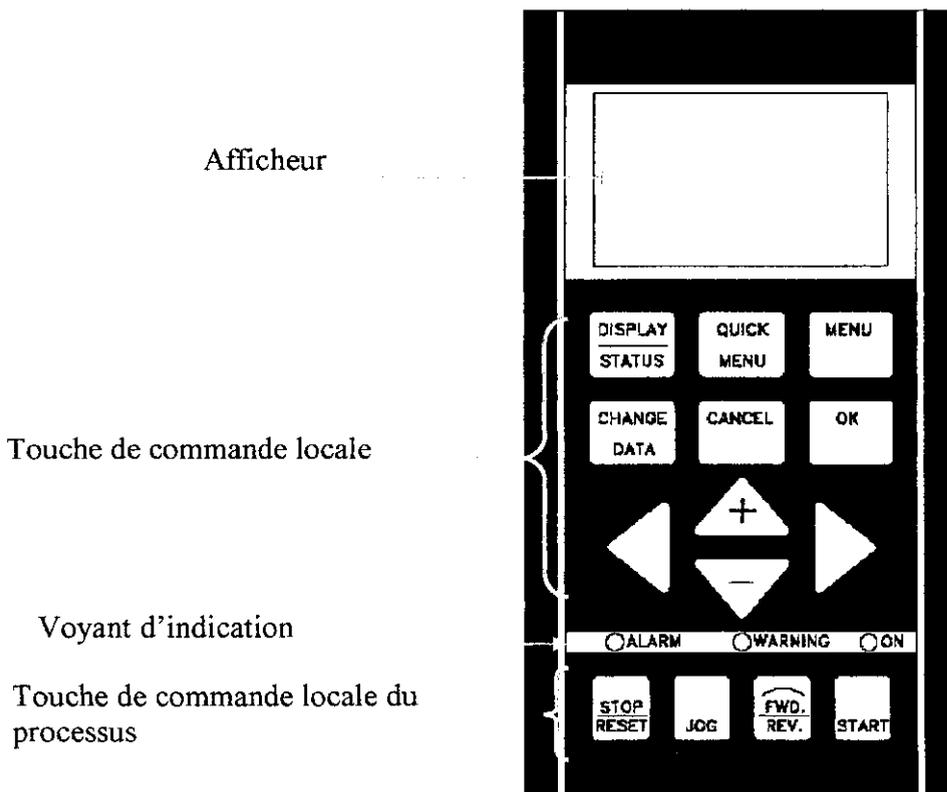


Figure IV-7 Interface LCP [20]

Les touches **DISPLAY/STATUS -- QUICK MENU -- MENU -- CHANGE DATA -- CANCEL -- OK -- ← -- → -- + -- -** sont utilisées pour accéder aux paramètres du variateur.

La touche **STOP/RESET** permet d'arrêter ou d'initialiser (si le variateur est en état d'alarme).

La touche **JOG** permet d'activer le mode pré-réglé pour activer une vitesse configurée.

La touche **FWD/ REV** permet de changer la vitesse du variateur.

La touche **START** permet de démarrer le variateur après l'état d'arrêt.

IV-5 Description du protocole de communication

Le variateur de vitesse fonctionne dans le bus comme esclave DP. Le trafic est commandé par le maître. Si le maître envoie un message à un esclave alors l'esclave doit répondre dans un délai ne dépassant pas au maximum 50 ms (2 octets). La taille de télégramme envoyé par le maître ne dépasse pas 250 octets. Après chaque émission du télégramme de réponse, le maître doit attendre une durée de 2 à 3ms au maximum avant d'émettre ; ce temps est appelé « temps de pause ».

La figure IV-8 montre le format d'un télégramme Profibus DP.



Figure IV-8 Format d'un télégramme Profibus

Dans le format d'un télégramme Profibus, on peut distinguer les champs suivants :

- STX : Caractère de départ (02 H).
- LGE (1 octet) : Longueur du télégramme qui est égale à la somme de l'adresse et nombre d'octet de données et octet de contrôle.
- ADR : Adresse de l'esclave DP (esclave).
- Donnée : Elle contient les données à transmettre.
- BCC : Octet de contrôle, il est équivalent au XOR de tous les octets.

La figure IV-9 montre le format de l'adresse ADR 0-31.

7	6	5	4	3	2	1	0
0		Diffusion	X	X	X	X	X

Figure IV-9 Le format de l'adresse entre 0-31

Dans la figure IV-10 on montre le format de l'adresse ADR.

7	6	5	4	3	2	1	0
1	X	X	X	X	X	X	X

Figure IV-10 Format de l'adresse entre 1-126

La structure du bloc de données (selon PPO « Parameter-Process Data Object) dépend du type de données échangées entre le maître et l'esclave, on distingue:

- 1- Un bloc de paramètre de 12 octets (pour le transfert de paramètre entre le maître et l'esclave).
- 2- Un bloc de process qui contient soit :
 - i. Le mot de contrôle et la valeur de référence.
 - ii. Le mot d'état et de fréquence de sortie actuelle.
- 3- Un bloc de texte (utilisé pour lire et écrire des textes).

La figure IV-11 montre les différents types de blocs des paramètres de données.

PKE	IND	PWE _{haut}	PWE _{bas}	PCD1	PCD2
Bloc de paramètre				Bloc de process	

Figure IV-11 Les différents types de blocs de paramètres de données.

La figure IV-12 montre le format du champ PKE (caractéristique des paramètres) du bloc de paramètre.

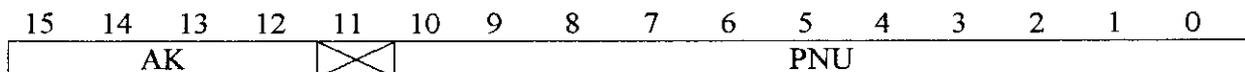


Figure IV-12 Format du champ PKE du bloc de paramètre

Le Bloc de paramètre est constitué des champs suivants :

- **PKE** : Caractéristique de paramètre, celui ci est constitué des éléments suivants
 - AK : Ordre et réponse paramètre (bit 15 \leftrightarrow bit 12).
 - Bit 11 : inutilisé.
 - PNU : numéro de paramètre. (bit 10 \leftrightarrow bit 0)

Le tableau VI-3 montre la signification des différentes valeurs du AK lors d'un transfert maître \rightarrow esclaves.

Bit n :				Ordre de paramètre
15	14	13	12	
0	0	0	0	- Pas d'ordre.
0	0	0	1	- Lire valeur du paramètre en RAM (mot)
0	0	1	1	- Ecrire la valeur du paramètre en RAM (mot double)
1	1	0	1	- Ecrire la valeur du paramètre en RAM et EEPROM (mot double).
1	1	1	0	- Ecrire valeur du paramètre en RAM et EEPROM (mot)
1	1	1	1	- Lire et écrire texte.

Tableau VI-3 Valeur du AK pour un transfert Maître - Esclave

Dans le tableau VI-4 on montre la signification des différentes valeurs du AK lors d'un transfert Esclave → Maître.

Bit n :				Réponse du paramètre UK
15	14	13	12	
0	0	0	0	- Pas d'ordre.
0	0	0	1	- Valeur du paramètre transmise (mot).
0	0	1	0	- Valeur du paramètre transmise (mot double).
1	1	1	1	- Texte transmis.

Tableau IV-4 Signification des différentes valeurs du AK pour un transfert esclave → maître

Dans le cas où la réponse du paramètre AK est d' « Ordre impossible à exécuter » alors le message d'erreur est indiqué dans le paramètre PWE_{haut} (octet 7 et 8).

IV-5-1 Les messages d'erreur

Lors de la communication des erreurs peuvent engendrer des problèmes, alors un certain nombre d'erreur est indiqué par les champs du paramètre haut.

Le tableau IV-5 montre la signification des messages d'erreurs.

Réponse	Message d'erreur
0	Le numéro de paramètre utilisé n'existe pas.
1	Ecriture impossible pour le paramètre appelé.
2	La valeur des données dépasse les limites du paramètre.
3	L'indice utilisé n'existe pas.
4	Le paramètre n'est pas du type zone (array)
5	Le type de données ne correspond pas au paramètre défini.
17	La modification des données dans le paramètre appelé n'est pas possible sans le mode actuelle du variateur de vitesse (Certaines paramètres peuvent être modifiés lorsque le moteur est en état d'arrêt)
130	Accès au bus impossible pour le paramètre défini.
131	La modification des données est impossible parce que le réglage d'usine a été sélectionné.

Tableau IV-5 Signification des messages d'erreurs

IV-5-2 Transfert de données

Lors d'un transfert de données d'un maître vers un esclave le numéro de paramètre du variateur de vitesse est précisé dans le champ PNU (bit 0 \leftrightarrow 10) est utilisé pour transférer les numéros des paramètres (1 \leftrightarrow 992)

D'autres champs sont nécessaires pour la transmission de données :

- **IND (indice) :**
L'indice est utilisé avec les paramètres dotés de l'indice. La taille de l'indice est de deux octets.
Dans le cas où il s'agit d'écriture ou de lecture de texte (AK=FH) alors IND= (0400H) pour un ordre de lecture et IND= (0500H) dans le cas d'un ordre d'écriture.
- **PWE (valeur du paramètre) :**
La valeur du paramètre se compose de 2 mots, et elle contient selon l'ordre (AK) une valeur à transmettre ou à recevoir.

Les PWE contient des données de paramètre, mais ces paramètres contiennent (par défaut) des indices de conversions, c'est à dire que si le nombre à envoyer est M et que l'indice de conversion est P alors $M = P \cdot M'$ avec P' : Facteur de conversion de l'indice de conversion.

Le tableau IV-6 montre le lien entre l'Indice de conversion et le facteur de conversion.

Indice de conversion	Facteur de conversion
74	0.1
2	100
1	10
0	1
-1	2
-2	0.01
-3	0.001
-4	0.0001
-5	0.00001

Tableau IV-6 Le lien entre l'Indice de conversion et le facteur de conversion

Le codage des données de type *Différence de temps* se fait suivant le format représenté dans le tableau IV-6.

Bit	Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
8	0	2^{23} ms	2^{15} ms	2^7 ms
7	0	2^{22} ms	2^{14} ms	2^6 ms
6	0	2^{21} ms	2^{13} ms	2^5 ms
5	0	2^{20} ms	2^{12} ms	2^4 ms
4	2^{27} ms	2^{19} ms	2^{11} ms	2^3 ms
3	2^{26} ms	2^{18} ms	2^{10} ms	2^2 ms
2	2^{25} ms	2^{17} ms	2^9 ms	2^1 ms
1	2^{24} ms	2^{16} ms	2^8 ms	2^0 ms

Tableau IV-6 Codage des données de type différence de temps

IV-5-3 Lecture des caractéristiques d'un paramètre d'un variateur de vitesse

L'élément de description permet de lire les caractéristiques d'un paramètre qui peut être soit un nom, une valeur par défaut, une conversion, une limite supérieure ou inférieure du variateur de vitesse, le codage de données. Ceci est possible grâce au champ IND.

Le tableau IV-7 donne la description du paramètre selon la valeur de l'indice.

Indice (IND)	Description
1	Caractéristique de base
2	Nombre d'éléments (type de zones, (array))
4	Unité de mesure
6	Nom
7	Limite inférieure
8	Limite supérieure
20	Valeur par défaut
21	Caractéristique supplémentaire

Tableau IV-7 Description de base d'un paramètre suivant la valeur de l'indice

Nous pouvons donner quelques descriptions de base des paramètres de variateur de vitesse :

a- **Caractéristique de base (indice 1) :**

Le caractéristique de base est composée de deux parties :

- Comportement de base (16 bits): indique la nature du paramètre par exemple une zone (array), un texte...
- Type de données : indique le type de données (tableau IV-5)

Les données d'indice sont demandées par le maître dans le champ IND.

La réponse de l'esclave est donnée par PWE_{BAS} . PWE_{BAS} est divisé en deux parties :

Octet haut : Comportement de base

Octet bas : Type de donnée

Le tableau IV-8 donne la description de champ PWE_{BAS} .

Caractéristiques
de
base.

Indice	Description
15	Paramètre actif.
14	Zone (array)
15	La valeur du paramètre peut être uniquement remise à zéro.
12	La valeur du paramètre est différente du réglage d'usine.
11	Texte disponible
10	Texte supplémentaire
9	Limites supérieures disponibles.
8	Limites supérieure et inférieure.
0-7	Type de données

Valeur en décimale du bit 0→7	Type de donnée
3	Nombre entier 16 bits
4	Nombre entier 32 bits
5	Sans signe 8 bits
6	Sans signe 16 bits
7	Sans signe 32 bits
9	Séquence de texte
10	Chaîne d'octets
13	Différence de temps
33	Réservé
35	Séquence des bits

Tableau VI-8 Description du champ PWE_{BAS} pour une caractéristique de base

- b- *indice d'éléments zone* : Elle indique le nombre d'éléments d'une zone ARRAY dans PWE_{BAS} .
- c- *Indice de conversion et unité de mesure* : Elle indique l'unité de mesure (8 bits non signé de l'octet bas de PWE_{BAS}) et l'indice de conversion (8 bits signé de l'octet haut de PWE_{HAUT}).

Le tableau IV-9 donne les significations des indices d'unités.

Indice d'unité	Unité de mesure	Désignation	Indice de conversion
0	Sans dimension		0
4	Temps	S	0
		H	74
8	Energie	J	0
		KWh	3
9	Puissance	W	0
		kW	3
11	Vitesse	Tr/s	0
		Tr/mn	67
16	Couple	Nm	0
17	Température	K	0
		°C	100
21	Tension	V	0
22	Courant	A	0
24	Ratio	%	0
27	Changement relatif	%	0
28	Fréquence	Hz	0

Tableau VI-9 Signification des indices d'unité

d- *Nom (indice 6)* : La valeur renvoyée est une séquence au format ASCII.

IV-5-4 Commande d'un variateur de vitesses

Le mot de process est utilisé pour la commande du variateur : il contient deux parties de 16 bits le PCD1 et PCD2.

La figure IV-13 montre le format d'un champ « bloc de process »

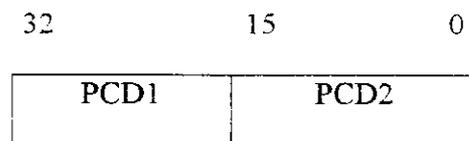


Figure IV-13 Format d'un champ bloc de process

Le champ de process peut avoir deux significations selon qu'il s'agit d'un télégramme maître → esclave ou esclave → maître.

Si le télégramme est de type esclave → maître alors le PCD1 contient le mot d'état et PCD2 une valeur de référence. Dans le cas contraire, le PCD1 contient le mot de contrôle et le PCD2 contient la fréquence de sortie actuelle.

Il existe deux types de format du champ de process :

1- Le profils FC (profils du constructeur Danfoss) :

Ce profil est utilisé dans le cas où le paramètre 512 du variateur de vitesse choisit est *Protocole FC*. Ce profil est utilisé uniquement pour les variateurs de vitesse de la marque Danfoss.

2- champs de process selon le protocole Fieldbus. : Ce profil est né en de la collaboration de nombreux fabricants d'entraînement et a été publié pour la première fois en 1991 sous le nom « Asservissement de vitesse de rotation » et complété en 1997 par la fonction positionnement. Ce protocole intègre plusieurs fabricants ABB, Danfoss, SEW Eurodrive, Klockner, Mitsubishi, Seidel, Siemens, Stober.

IV-6-4-1 Profils de commande selon le protocole FC

Mot de contrôle :

Le tableau IV-10 donne la signification des bits du mot de contrôle selon le *Protocole FC*.

Bit	0	1
00	Sélection référence prédéfinis (bit lsb)	
01	Sélection référence prédéfinis (bit msb)	
02	Freinage CC	Rampe
03	Roue Libre	Actif
04	Arrêt rapide	Rampe
05	Sortie Gel	Rampe activée
06	Rampe arrêt	Démarrage
07	Pas d'activité	Réinitialisation
08	Pas d'activité	Jogging
09	Rampe 1	Rampe 2
10	Données non valides	Valide
11	Pas d'activité	Relais 01 activé
12	Pas d'activité	Relais 04 activé
13	Sélection du process (bit lsb)	
14	Sélection du process (bit msb)	
15	Pas d'activité	inversion

Tableau IV-10 Signification du mot de contrôle selon le Protocole FC

La signification des différents bits de contrôle est :

- ❖ **Les bits 00/01** sont utilisés pour choisir le paramètre 215 à 218 comme valeur de références prédéfini.

Le tableau IV-11 donne le choix des paramètres de références prédéfinis en fonction des bits 00 et 01.

Bits de contrôle		Références prédéfinis
Bit 01	Bit 00	
0	0	215
0	1	216
1	0	217
1	1	218

Tableau IV-11 Choix des paramètres de références prédéfinis en fonction des bits 00 et 01

- ❖ **Le bit 02**
Le bit 02= 0 provoque le freinage par injection de courant continu et l'arrêt (paramètre 125 « valeur du courant continue » et 126 « temps de freinage »).
Le bit 02 =1 mène à la rampe.
- ❖ **Le bit 03**
Le bit 03 =0 le variateur de vitesse lâche le moteur (roue libre).
Le bit 03 =1 le variateur de vitesse peut démarrer le moteur.
- ❖ **Le bit 04**
Le bit 04 = 0 entraîne l'arrêt suivant une rampe de décélération (paramètre 212 « temps de décente de la rampe »).
- ❖ **Le bit 05 :**
Le bit 05=0 signifie que la fréquence actuelle fournit au moteur est gelée (l'arrêt se fait uniquement grâce au bit 03 et 02).
- ❖ **Le bit 06 :**
Bit 06=0 arrêt du moteur suivant la rampe décélération jusqu'à l'arrêt via les paramètres de la rampe choisie.
Bit 06=1 le moteur peut démarrer.
- ❖ **Le bit 07 :**
Bit 07= 0 pas de réinitialisation.
Bit 07=1 entraîne une réinitialisation du variateur après disjonction.
- ❖ **Le bit 08 :**
Bit 08=1 la fréquence de sortie est déterminée selon la valeur du paramètre 213 « Jogging ».
- ❖ **Le bit 09 :**
Bit 09=0 rampe 1 est activé.
Bit 09=1 rampe 2 est activé.
- ❖ **Le bit 10 :**
Bit 10= 0 : le mot de contrôle est ignoré.
Bit 10=1 : le mots de contrôle est pris en compte par le variateur.
- ❖ **Le bit 11 :**
Bit 11=0 relais 1 n'est pas activé.
Bit 11=1 reliais 1 est activé si le paramètre 326 est configuré.
- ❖ **Le bit 12 :**
Bit 12=0 relais 4 n'est pas actif.
Bit 12=1 relais 4 est activé si le paramètre 326 est configuré
- ❖ **Les bits 13/14, Sélection du process :**
Si bit 13=0 et bit 14=0 le réglage du variateur se fait selon le Process 1.
Si bit 13=1 et bit 14=0 le réglage du variateur se fait selon le Process 2.
Si bit 13=0 et bit 14=1 le réglage du variateur se fait selon le Process 3.
Si bit 13=1 et bit 14=1 le réglage du variateur se fait selon le Process 4.
- ❖ **Le bit 15 :**
Bit 15=0 absence d'inversion.
Bit 15=1 inversion.

Mot d'état :

La réponse de l'esclave au mot de contrôle est donnée dans le champ PCD1, ce champ est appelé **Mot d'état**.

Le tableau IV-12 montre comment se fait la lecture des paramètres du mot d'état.

Bit	0	1
00	Contrôle non prêt	Prêt
01	VLT non prêt	Prêt
02	Roue libre	Activation
03	Pas de panne	Arrêt
04		Réservé
05		Réservé
06		Réservé
07	Sans avertissement	Avertissement
08	Vitesse dft référence	Vitesse = référence
09	Commande locale	Contrôle bus
10	Hors de la plage	Fréquence OK
11	Non lancé	Lancé
12	VLT OK	Blocage, démarrage automatique
13	Tension OK	Au dessus de la limite
14	Couple OK	Au dessus de la limite
15	Temporisation OK	Au dessus de la limite

Tableau IV-12 Lecture des paramètres du mot d'état en fonction des Bits

La signification des différents bits est donnée comme suit :

- ❖ **Bit 00 :**
 Bit 00=0 Variateur de vitesse s'est arrêté.
 Bit 00=1 Variateur de vitesse est prêt à fonctionner (même s'il est hors tension car il est équipé de carte 24 V externe.)
- ❖ **Bit 01 :**
 Bit 01=1 variateur prêt à fonctionner mais un ordre de roue libre est actif par les liaisons digitale / série.
- ❖ **Bit 02 :**
 Bit 02=0 le variateur de vitesse a lâché le moteur.
 Bit 02=1 le variateur de vitesse peut démarrer le moteur si un ordre est donné.
- ❖ **Bit 03 :**
 Bit 03=0 le variateur de vitesse n'est pas en état de défaut.
 Bit 03=1 le variateur de vitesse a disjoncté et il a besoin d'une remise à zéro pour pouvoir fonctionner.
- ❖ **Bit 04 :**
 Inutilisé.
- ❖ **Bit 05 :**
 Inutilisé.
- ❖ **Bit 06 :**
 Inutilisé.
- ❖ **Bit 07 :**
 Bit 07=1 : absence d'avertissement.
 Bit 07=0 : apparition d'avertissement.
- ❖ **Bit 08 :**
 Bit 08=0 : vitesse actuelle du moteur est différente de la vitesse référence.
 Bit 08=1 : vitesse actuelle du moteur est égale à la vitesse de Référence.
- ❖ **Bit 10 :**

- Bit 10=0 si la fréquence de sortie atteint la valeur de la fréquence Max (201)ou Min(202).
- Bit 10=1 si la fréquence de sortie est à l'intérieur de la valeur des limites
- ❖ Bit 12 :
 - Bit 12=0 : l'onduleur du variateur n'est pas soumis à la température.
 - Bit 12=1 : l'onduleur est arrêté à cause d'une sur température (il continuera à fonctionner si la température diminue)
- ❖ Bit 13 :
 - Bit 13=0 absence d'avertissement de tension.
 - Bit 13=1 signifie que la tension CC du variateur est trop grande ou trop faible.
- ❖ Bit 14 :
 - Bit 14=0 le courant du moteur est inférieur à la valeur du paramètre 221.
 - Bit 14=1 La limite du couple du paramètre 221 est dépassée.
- ❖ Bit 15 :
 - Bit 15=0 indique que la minuterie de la protection thermique du moteur et du VLT n'on pas atteint les 100%.
 - Bit 15=1 Signifie que l'une des minuterias a dépassé les 100 %.

IV-6-4-2 Champs de commande selon le protocole Profidrive

Le tableau IV-13 montre la signification des bits du mot de contrôle selon le protocole Profidrive.

Bit	0	1
00	OFF 1	ON 1
01	OFF 2	ON 2
02	OFF 3	ON 3
03	Roue Libre	
04	Arrêt rapide	
05	Gel de fréquence de sortie	
06	Rampe arrêt.	Démarrage
07		Réinitialisation
08		Jogging bus 1
09		Jogging bus 2
10	Données non valides	
11		Ralentissement
12		Rattrapage
13	Sélection du process (bit lsb)	
14	Sélection du process (bit msb)	
15		inversion

Tableau IV-13 Signification des bits du mot de contrôle selon le protocole Profidrive

La signification des bits de contrôle est comme suit :

- ❖ **Bit 00-01-02** : entraîne l'arrêt selon une rampe qui est réglé par les paramètres 207/208 ou les paramètres 209/210. Si l'option Relais de sortie activé 123 (régler par le paramètre 123) alors le paramètre le relais de sortie est activé si la fréquence de sortie est de 0 Hz.
- ❖ **Bits 03 – 04 -05 -06- 07** : idem (Protocole FC).
- ❖ **Bit 08** :
Bit 08=1 signifie que la fréquence de sortie est déterminée par le paramètre 09.
- ❖ **Bit 09** :
Bit 09=1 signifie que la fréquence de sortie est déterminée par le paramètre 510 (jogging).
- ❖ **Bit 10** : Idem *Protocole FC*.
- ❖ **Bit 11** :
Bit 11=0 absence du chargement de référence par le paramètre 219.
Bit 11=1 implique la diminution de la valeur de référence de vitesse par la valeur du paramètre 219.
- ❖ **Bit 12** :
Bit 0 : absence du chargement de référence par le paramètre 219.
Bit 1 : implique l'augmentation de la valeur de vitesse de référence de vitesse par la valeur du paramètre 219.
- ❖ **Bit 13/14** : Idem *protocole FC*.
- ❖ **Bit 15** : idem *protocole FC*.

La réponse de l'esclave au mot de contrôle est donnée dans le mot d'état.

Le tableau IV-14 montre la signification des bits du mot d'état selon le protocole Profidrive.

Bit	0	1
00		Commande prête 1
01		Variateur Pret
02	Roue Libre	
03	Sans arrêt.	Arrêt
04	ON 2	OFF 2
05	ON 3	OFF 3
06	Démarrage non inhibé	Démarrage inhibé
07		Avertissement
08	Vitesse dft référence	Vitesse = référence.
09	Commande locale	Commande par bus
10	Hors plage de fréquence	Limite de fréquence OK
11		Moteur Tourne
12		
13		Avertissement tension
14		Limite courant
15		Avertissement thermique

Tableau IV-14 Signification des bits du mot d'état

La signification des bits du mot d'état est donnée comme suit :

- ❖ Bit 00 :
Bit 00 = 0 signifie que le bit 00,01 ou 02 du mot de contrôle est égale à 0 ou le variateur de vitesse n'est pas prêt à fonctionner.
Bit 00=1 signifie que le variateur de vitesse est prêt à fonctionner.
- ❖ Bit 01 : Idem Protocole FC.
- ❖ Bit 02 :
Bit 02=0 signifie que le variateur de vitesse est en roue libre ou les bit 00,02,03 est en état est égale 0.
Bit 02=1 signifie que les bits 00, 01 ,02 ,03 sont égaux à 1 et que le variateur de vitesse n'est en état de défaut.
- ❖ Bit 03 : Idem Protocole FC.
- ❖ Bit 04 :
Bit 04=0 signifie que le bit 1 du mot de contrôle est à 1.
Bit 04=1 signifie que le bit 1 du mot de contrôle est à 0.
- ❖ Bit 05 :
Bit 05=0 signifie que le bit 2 du mot de contrôle est à 1.
Bit 05=1 signifie que le bit 2 du mot de contrôle est à 0.
- ❖ Bit 06 :
Bit 06=1 après une initialisation RAZ suite a un arrêt ou après activation ARRET 2/3 ou après raccordement de la tension du secteur. (Démarrage inhibé est réinitialisé en paramétrant le bit 00=0 et bit 01, 02,10=1.
- ❖ Les Bit 07, 08, 09, 10, 11, 13, 14,15 : Idem pour le protocole FC.

IV-6-5 Les références de communication

La référence de communication (Champs PCD 2) dépend du sens des messages envoyés. Si le message envoyé provient du maître alors il s'agit d'une valeur de référence à régler et si le message provient d'un esclave alors il s'agit de la valeur réel par exemple : fréquence de sortie du variateur de vitesse.

La valeur de la référence de communication est transmise en tant qu'entier signé (16 bits) et qui varie entre 0 et +- 32.767. La valeur de référence de communication est une valeur relative par rapport au paramètre réglé sur le variateur.

Par exemple : La valeur de référence varie entre 0 et 100% dans par rapport à l'intervalle du paramètre 204 (référence minimale) et 205 (référence maximal) dans ce cas 100% correspond à 16384

IV-7 Conclusion

Cette étude du protocole de communication des variateurs de vitesse nous a permis d'une part d'avoir la possibilité de reparamétrer et reprogrammer le variateur à distance, d'autre part, une maintenance sur place est possible. La possibilité d'agir sur les différents bits de communication nous permet un contrôle précis de la chaîne et une possibilité d'adapter d'autres types de variateurs fonctionnant dans le même protocole. Dans le cas contraire, une éventuelle proposition d'une interface compatible à ce protocole est favorable.

Conclusion générale

Nous avons vu dans le chapitre I que grâce à l'évolution technique de la communication et la démocratisation de la puissance de calcul des microprocesseurs, les bus de terrain ont pu solutionner certains problèmes liés à l'industrie.

Dans ce chapitre II, nous avons traité les différentes classifications des réseaux. Ces réseaux peuvent être intégrés dans une architecture de communication. Grâce à cette technologie les réseaux industriels peuvent être interconnectés avec des réseaux de grande échelle.

Dans ce chapitre III, nous avons procédé à une étude de différents protocoles de communication. Une définition des différentes couches a été présentée. La nature et le procédé de communication des protocoles nous a permis une maîtrise des trames et des formats de communication. Nous avons à la fin de ce chapitre proposé le protocole IP ainsi que son routage.

L'étude du protocole de communication des variateurs de vitesse de l'unité ABC de Pepsi Cola, traitée en chapitre IV, nous a permis d'une part d'avoir la possibilité de reparamétrer et reprogrammer le variateur à distance, d'autre part, une maintenance sur place est possible. La possibilité d'agir sur les différents bits de communication nous permet un contrôle précis de la chaîne et une possibilité d'adapter d'autres types de variateurs fonctionnant dans le même protocole. Dans le cas contraire, une éventuelle proposition d'une interface compatible à ce protocole est favorable.

L'étude que nous avons menée n'est que préliminaire, nous recommandons que d'autres études soient menées dans l'axe et qui englobent les thèmes suivants :

- Réalisation d'un prototype réel du réseau de communication au sein du laboratoire.
- Configuration totale du réseau de communication avec un soft spécifique.
- Réalisation de cartes de communication de certain protocole ainsi que des interfaces passerelles entre différents protocoles.
- Evaluation du coût d'une architecture de réseau selon la technologie et la topologie.
- Réalisation d'un logiciel de configuration pour des cartes spécifiques.
- Encouragement à ouvrir des portes vers le monde industriel à travers des projets de terrain des différentes installations existantes dans des usines étatiques et privées.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE :

- [1]- **Dominique LALOT**. Les réseaux informatiques, Faculté des sciences économiques, AIX EN PROVENCE (France).
- [2]- **Patrice KADONIX**, Les réseaux de terrain
- [3]- **Philippe LELASSEUX**. Les reseaux de terrain. ENSEIRB, France, 2003.
- [4]- **SIEMENS**. Communication avec le SIMATIC. Réf : 4NEB-7106075 0302.
- [5]- **Phillipe DALLEMAGNE, Jean dominique DECOTIGNIE**. USB et FIREWIRE, Pourquoi pas dans l'industrie ?. Revue : JAUTOMATISE, Juin 2003.
- [6]- Site WEB : www.commentcamarche.com.
- [7]- **ENSEIRB**. Les bus industriels, bus de panier. France, 2001.
- [8]- **Didier DONSEZ**. Architecture des reseaux.
- [9]- **Pascal Nicolas**. Cours de réseaux, Maîtrise d'informatique. Université d'Angers, France.
- [10]- **Patrick CHATELET, Bernard JOUGA**. Les systèmes d'automatisme et INTERNET. Revue : JAUTOMATISE N°3, Mai 1999.
- [11]- **Barbu ROMAN**. La Fieldbus Foundation et le bus de terrain. Revue : Cimax édition terrain, Décembre 96.
- [12]- **Phillipe DESODT**, Couche d'OSI, Couche 1 à 7 du modèle d'OSI. Revue : Edition Terrain Novembre 1997.
- [13]- **Francois BORDERIES, Olivier CHANTEL, Jean Christophe, Denis REIS**. Administration des reseaux, Rapport d'activité 1992-1993.
- [14]- **J-C BOEHM**. Les reseaux de terrain. CETIM, France.
- [15]- Encyclopédie : ENCARTA 2004.
- [16]- **Jean Michel COUR**. Représentation intuitive du « modele OSI ». Revue : JAUTOMATISE, .
- [17]- **BELDJATET**. Interface Ethernet le 68HC11- Application au contrôle. Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Juin 2003.
- [18]- **SIEMENS**. Reseau PROFIBUS. Réf : B8977166/02.
- [19]- **DANFOSS**. Variateur de vitesse (VLT 5000). Réf : MG 51 B3 04.
- [20]- **DANFOSS**. VLT 5000. Réf : MG 50 P3 04.
- [21]- **SIEMENS**. SIMATIC SOFTWARE, Logiciel système pour SIMATIC S7-300/ S7-400 : Fonction Standard et Fonction système. Réf : C79000-G7077-C303-02.

Annexe 1 : Les fonctions utilisées pour la programmation du variateur.

A-1 La Fonction SFC 15 :

La fonction SFC15 « DPWR_DAT » (write consistent data to a DP-normslave) sert à transférer avec cohérence les données se trouvant dans RECORD à l'esclave DP normé dont vous indiquez l'adresse et le cas échéant dans la mémoire image.

La longueur maximum des données à transférer dépend de la CPU. Vous la trouverez dans les caractéristiques techniques de votre CPU. Le transfert de données est effectué de façon synchrone, c'est-à-dire que l'opération d'écriture est terminée à la fin de la fonction.

Le tableau A-1 montre les paramètres de la fonction d'écriture DPWR

Paramètre	Déclaration	Type de données	Zone de mémoire	Description
LADDR	INPUT	WORD	E, A, M, D, L, constante	Adresse de début du module configurée dans la zone Mémoire image de sortie, Il faut indiquer l'adresse sous forme Hexadécimale W#16#
RECORD	INPUT	ANY	E, A, M, D, L	Elle doit avoir la même longueur d'affectation d'adresse que le variateur de vitesse.
RET_VAL	OUTPUT	INT	E, A, M, D, L	Il indique les erreurs qui ont pu arriver.

Tableau A-1 : Paramètre de la fonction DPWR DAT.

Le tableau A-2 indique la signification du mot RET VAL

Code d'erreur (W#16#...)	Signification
0000	Pas d'erreur
808x	Erreur système sur coupleur DP externe
8090	- le module n'a pas été configuré dans l'adresse de base logique indiquée. - La longueur de données à écrire a dépassé la valeur autorisée. - vous n'avez pas indiqué sous forme hexadécimale l'adresse de début dans le paramètre LADDR.
8092	Le type de données indiqué pour ANY n'est pas BYTE.
8093	Il n'y a pas de module DP sur lequel écrire des données cohérentes.
80A1	Une erreur d'accès a été détectée lors de l'accès à la périphérie.
80B0	Esclave défaillant sur coupleur DP externe
80B1	La longueur de la zone source indiquée diffère de la longueur configurée avec STEP 7 pour les données utiles.
80B2	Erreur système sur coupleur DP externe
80B3	Erreur système sur coupleur DP externe
80C1	Le module n'a pas encore traité les données de la tâche d'écriture précédente.
80C2	Erreur système sur coupleur DP externe
80Fx	Erreur système sur coupleur DP externe
85xy	Erreur système sur coupleur DP externe

Tableau A-2 : Signification du mot RET VAM

A-1-2 La fonction SFC14 :

La fonction SFC14 « DPRD_DAT » (Read consistent data of a DP-normslave) sert à lire les données cohérentes d'un esclave DP normé, leur longueur maximum dépendant de la CPU.

Si aucune erreur n'est apparue au cours du transfert, les données lues sont transcrites dans la zone cible ouverte par RECORD.

La zone cible doit avoir la longueur que vous avez configurée avec STEP 7 pour le module Sélectionné.

Le tableau A-3 donne la signification des paramètres de la fonction SFC 14

Paramètre	Déclaration	Type de données	Zone de mémoire	Description
LADDR	INPUT	WORD	E, A, M, D, L, constante	Adresse de début, configurée dans la zone E, du module où effectuer la lecture.
RET_VAL	OUTPUT	INT	E, A, M, D, L	Si une erreur est apparue pendant l'exécution de la fonction, la valeur de retour contient un code d'erreur.
RECORD	OUTPUT	ANY	E, A, M, D, L	Zone cible pour les données utiles lues. Elle doit avoir exactement la longueur que vous avez configurée avec STEP 7 pour le module sélectionné. Seul le type de données BYTE est autorisé.

Tableau A-3 : indique les valeurs de donnée de la fonction SFC15

Le Tableau A-4 indique la signification du champ RET VAL :

Code d'erreur	Signification
0000	Pas d'erreur
8090	- le module n'a pas été configuré dans l'adresse de base logique indiquée. - La longueur de données à lire a dépassé la valeur autorisée. -La valeur LADDR n'est pas utilisée sous forme hexadécimale.
8092	Le type de données indiqué pour ANY n'est pas BYTE.
8093	Le module à lire n'est pas un module cohérent.
80A0	Une erreur d'accès a été détectée lors de l'accès à la périphérie.
80B0	Esclave défaillant sur coupleur DP externe
80B1	La longueur de la zone cible indiquée diffère de la longueur configurée de la avec STEP 7 pour les données utiles.
80B2	Erreur système sur coupleur DP externe
80B3	Erreur système sur coupleur DP externe
80C0	Les données n'ont pas encore été lues sur le module.
80C2	Erreur système sur coupleur DP externe
80Fx	Erreur système sur coupleur DP externe
87xy	Erreur système sur coupleur DP externe
808x	Erreur système sur coupleur DP externe

Tableau A-4 Signification du champs RET VAL