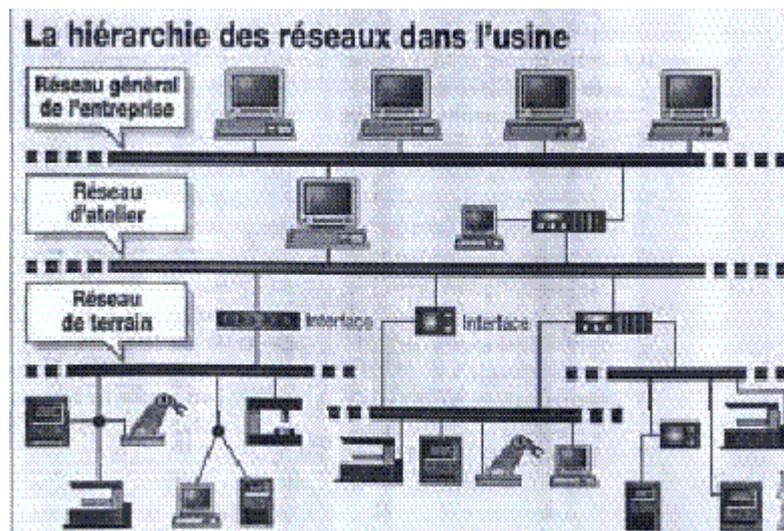


Réseaux
Locaux
Industriels
(RLI)

PREAMBULE

L'évolution des moyens technologiques utilisés dans les systèmes industriels permet de multiplier les mesures, les analyses et les prises de décisions, dans le but d'améliorer les services, la qualité et le suivi de production ainsi que les différents niveaux de maintenances (corrective, préventive et prédictive). Cela a provoqué une énorme augmentation des flots de données entre les différents constituants des systèmes industriels. Afin d'éviter d'avoir à installer une pléthore de conducteurs électriques, les constructeurs ont développé des procédés de transport d'informations sur des supports communs aux différentes sections du système. Cela a été possible en établissant des règles de circulation de ces données sur ces canaux de transmission. C'est ainsi que sont nées les notions dites « Réseaux Locaux Industriels » ou « Bus de terrain ». Le présent document est une synthèse de présentation des caractéristiques principales des divers réseaux actuels avec une analyse comparative destinée à guider les choix des développeurs en fonction des applications envisagées.



SOMMAIRE

1. Introduction.....	5
2. Le modèle OSI.....	5
2.1. Couche physique.....	5
2.2. Couche liaison de données.....	6
2.3. Couche réseau.....	6
2.4. Couche transport.....	6
2.5. Couche session.....	6
2.6. Couche présentation.....	6
2.7. Couche application.....	6
3. Les réseaux industriels et le modèle OSI.....	7
3.1. Couche physique.....	7
3.1.1. Supports de transmission.....	7
3.1.2. Topologie.....	8
3.1.3. Synchronisation.....	10
3.2. Couche liaison de données.....	10
3.2.1. Sous couche MAC.....	10
3.2.1.1. Gestion par compétition.....	10
3.2.1.2. Gestion par multiplexage temporel synchrone.....	12
3.2.1.3. Gestion par droit de parole explicite ou par consultation.....	12
3.2.2. Sous couche LLC.....	13
3.2.2.1. Service de type 1 « LLC 1 ».....	13
3.2.2.2. Service de type 2 « LLC 2 ».....	14
3.2.2.3. Service du type 3 « LLC 3 ».....	14
3.3. Messagerie et couche application.....	14
3.3.1. MMS.....	14
3.3.2. SNMP.....	15
3.3.3. MPS.....	15
4. Les critères de comparaison entre RLI.....	16
4.1. Critères techniques.....	16
4.1.1. Topologiques.....	16
4.1.2. Temporels.....	16
4.1.3. Autres.....	16
4.2. Critères stratégiques.....	16
4.2.1. Standards.....	16
4.2.2. Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services.....	16
4.2.3. Autres.....	16
5. Les principaux réseaux.....	17
5.1. Réseau CAN.....	17
5.1.1. Architecture de CAN.....	17
5.1.2. Couche Physique.....	17
5.1.3. MAC : CSMA/CD ou BA.....	17
5.1.4. LLC.....	17
5.1.5. Critères de comparaison du Réseau CAN.....	18
5.1.5.1. Critères techniques.....	18
5.1.5.2. Critères stratégiques.....	18
5.2. Réseau Worldfip.....	19
5.2.1. Architecture du réseau WORLDFIP.....	19
5.2.2. Couche physique.....	19
5.2.3. Couche liaison de données.....	19
5.2.3.1. Trafic périodique et apériodique de variables.....	20
5.2.3.2. Trafic apériodique de messages.....	20
5.2.4. Couche application :MPS.....	21
5.2.5. Critère de comparaison WORLDFIP.....	21
5.2.5.1. Critères techniques.....	21
5.2.5.2. Critères stratégiques.....	21

5.3.Réseau PROFIBUS	23
5.3.1.Architecture de PROFIBUS.....	23
5.3.2 Couche physique.....	23
5.3.3.LLC	23
5.3.4.MAC.....	23
5.3.4.1.Pofibus FMS	24
5.3.4.2.Profibus DP.....	24
5.3.4.3.Profibus PA.....	24
5.3.5.Couche application.....	24
5.3.6.Critère de comparaison PROFIBUS.....	25
5.3.6.1.Critères techniques.....	25
5.3.6.2.Critères stratégiques.....	25
5.4.Réseau INTERBUS.....	26
5.4.1.Topologie.....	26
5.4.2.Protocole.....	26
5.4.3.Critère de comparaison INTERBUS	27
5.4.3.1.Critères techniques.....	27
5.4.3.2.Critères stratégiques.....	27
5.5.Réseau LON	28
5.5.1.Architecture de LON.....	28
5.5.2 Couche Physique.....	28
5.5.3 MAC.....	28
5.5.4.LLC	29
5.5.5.Couche application.....	29
5.5.6.Critère de comparaison de LON	29
5.5.6.1.Critères techniques.....	29
5.5.6.2.Critères stratégiques.....	29
5.6.Réseau ASI.....	30
5.6.1.Architecture du réseau ASI	30
5.6.2.Couche Physique.....	30
5.6.3.MAC.....	30
5.6.4.LLC	31
5.6.5.Couche application.....	31
5.6.5.1.Services applicatifs.....	31
5.6.5.2.Services de gestion	31
5.6.6.Critère de comparaison de ASI.....	31
5.6.6.1.Critères techniques.....	31
5.6.6.2.Critères stratégiques.....	32
6.Les annexes.....	33
6.1.Tableau comparatif des différents réseaux.....	33
6.2.Tableau comparatif des prix des composants de la couche 1.....	35
Glossaire.....	36

1. Introduction

Un réseau industriel joue le même rôle qu'un réseau normal. Le but premier est toujours de transmettre des informations entre plusieurs machines. Lorsque l'on parle de réseaux, on sous-entend généralement que les machines sont des ordinateurs. Lorsque l'on parle de réseaux industriels, il s'agit de faire communiquer des machines qui ne sont plus seulement des ordinateurs. On fait communiquer des appareils différents tels que des ordinateurs, des automates programmables, des capteurs, des actionneurs, des régulateurs.

Les réseaux industriels sont qualifiés par des expressions comme réseau de terrain, réseau domotique. Cette classification tient, soit aux types d'équipements raccordés, soit aux domaines d'applications.

Le qualificatif d'industriel pour un réseau sous-entend également un environnement particulier. L'environnement d'un réseau industriel est en général un environnement perturbé. Cet environnement est souvent pollué par des ondes électromagnétiques provenant des différents appareils (moteurs, courants forts, champs magnétiques,...). Tous ces phénomènes sont à prendre en compte dans la couche physique du modèle OSI.

2. Le modèle OSI

Le modèle OSI (Open System Interconnection) définit une structuration des systèmes de communications en sept couches. Chacune d'entre elles représente une catégorie de problèmes que l'on rencontre dans un réseau.

Découper les problèmes en couche présente des avantages :

- ◆ Lorsque l'on met en place un réseau, il suffit de trouver une solution pour chacune des couches.
- ◆ L'utilisation de couches permet également de changer de solution technique pour une couche sans pour autant être obligé de tout repenser.
- ◆ Chaque couche garantit à la couche supérieure que le travail qui lui a été confié a été réalisé sans erreur.

	COUCHE	FONCTIONNALITE
	7	Application
	6	Présentation
	5	Session
	4	Transport
	3	Réseau
	2	Liaison de données
	1	Physique

2.1. Couche physique

Dans cette couche on ne va s'occuper que des problèmes strictement matériels (support physique pour le réseau). Pour le support, on doit également préciser toutes ses caractéristiques.

- ◆ Pour du câble :
 - Type (coaxial, paires torsadées, ...)
 - si un blindage est nécessaire
 - le type du signal électrique envoyé (tension, intensité,...)
 - nature des signaux (carrés, sinusoïdaux, ...)
 - limitations (Longueur, nombre de stations)

- ◆ Pour des communications Hertziennes
 - Fréquences
 - Types de modulation (Phase, amplitude,...)
- ◆ Fibre Optique
 - Couleur du laser
 - Section du câble
 - Nombre de brins

2.2. Couche liaison de données

Elle fiabilise les échanges de données entre deux stations. En effet, dans cette couche on cherche à savoir comment deux stations sur le même support physique (couche 1) vont être identifiées.

2.3. Couche réseau

Elle assure la recherche d'un chemin et l'acheminement des données entre deux stations. En effet, elle transporte des blocs d'octets de taille limitée. Elle se charge aussi du routage et a donc besoin d'un plan d'adressage. Un service réseau possède une qualité qui se mesure par le taux de pertes et de duplications qui ne sont pas signalées à la couche transport.

2.4. Couche transport

Elle assure le contrôle de bout en bout entre les stations terminales. En effet, elle transporte des blocs d'octets de longueur quelconque. Elle essaye de faire le transfert si possible sans perte, sans duplication et sans erreur, au meilleur "rapport qualité/prix".

2.5. Couche session

Elle synchronise et gère les échanges pour le compte de la couche présentation.

Organisation de la communication:

- Droit à la parole (half/full duplex => communication l'une après l'autre ou simultanée).
- Notion d'activité : on peut la démarrer, l'arrêter, l'interrompre et la recommencer.
- Points de synchronisation.
- Etc.

2.6. Couche présentation

Elle permet d'accepter des syntaxes différentes pour les données échangées entre les couches applications.

En effet, il existe de multiples manières de coder les informations en informatique suivant le matériel et les logiciels utilisés. Par exemple:

- Plusieurs codes existent pour coder les caractères (ASCII, BCIDC, etc.).
- Les nombres peuvent être codés sur un nombre d'octets différents.
- Les octets de poids fort et de poids faible peuvent être répartis différemment, autrement dit, un nombre peut être lu de gauche à droite ou de droite à gauche.
- Etc.

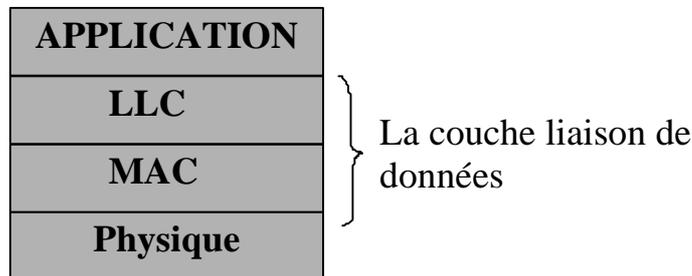
On définit donc un modèle général, commun, que l'on va utiliser pour effectuer le transfert.

2.7. Couche application

Elle donne aux processus d'application le moyen d'accéder à l'environnement OSI. C'est elle qui contient les processus de l'application répartie. Autrement dit, c'est elle qui contient l'application informatique (le programme) qui désire communiquer avec un ordinateur distant.

3. Les réseaux industriels et le modèle OSI

Les réseaux industriels n'utilisent pas la totalité des sept couches du modèle OSI. En effet les couches réseaux, transport, session et présentation ont disparu du modèle général donnant naissance au modèle réduit composé uniquement des couches physiques, liaison de données (MAC et LLC) et application.



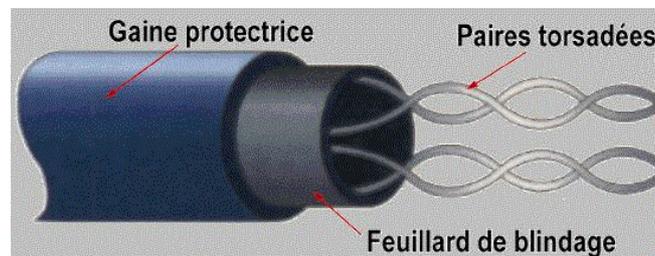
3.1. Couche physique

3.1.1. Supports de transmission

Voici succinctement quelques uns des supports de transmission les plus utilisés.

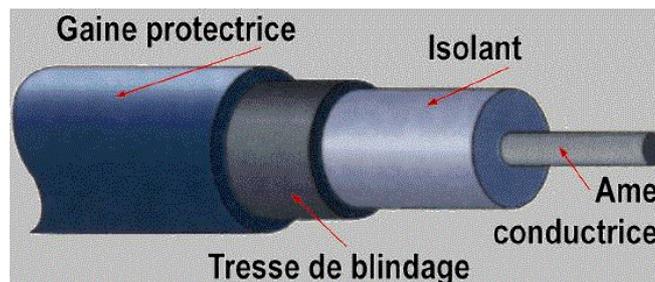
La paire torsadée

C'est un câble téléphonique constitué à l'origine de deux fils de cuivre isolés et enroulés l'un sur l'autre (d'où le nom). Actuellement on utilise plutôt des câbles constitués de 2 ou 4 paires torsadées. Celles ci sont très répandues, de connexion facile et de faible coût, mais elles possèdent une faible immunité aux bruits. Pour améliorer leurs performances on utilise la paire torsadée blindée plus résistante aux perturbations électromagnétiques et qui autorise un débit pouvant aller jusqu'à 16 Mbits/s. D'une manière générale les performances (et les coûts) de ce support dépendent de la qualité des matériaux employés et des détails de réalisation.



Le câble coaxial

Le câble coaxial est un câble utilisé également en téléphonie et en télévision, il est constitué d'un coeur qui est un fil de cuivre. Ce coeur est dans une gaine isolante elle-même entourée par une tresse de cuivre, le tout est recouvert d'une gaine isolante. Certains coaxiaux «large bande» peuvent atteindre un débit maximal de 150 Mhz mais leurs encombrement est nettement supérieur à celui de la paire torsadée, leurs performances n'atteignant pas celles de la fibre optique. Le câble coaxial a tendance à disparaître des nouveaux plans de câblage.

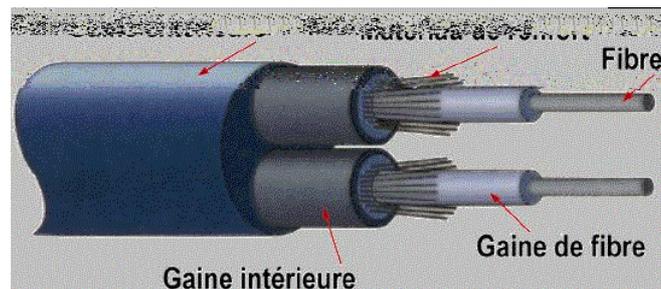


La fibre optique

La fibre optique est un support d'apparition plus récente, mais son utilisation prend de l'ampleur de jour en jour, car elle permettra des débits de plusieurs Gbit/s sur de très longues distances. Elle est particulièrement adaptée à l'interconnexion des réseaux par exemple entre plusieurs bâtiments d'un même site. En plus de ses capacités de transmission, ses grands avantages sont :

- Immunité aux interférences électromagnétiques
- Grande difficulté d'écoute, contrairement aux supports électriques, ce qui la rend également attrayante dans les contextes où la confidentialité est requise.

D'un point de vue technique, une fibre optique est constituée d'un coeur et d'une gaine en silice de quelques μm recouvert d'un isolant. À une extrémité une diode électroluminescente (LED) ou une diode laser émet un signal lumineux et à l'autre une photodiode ou un phototransistor est capable de reconnaître ce signal.



Les différents rayons lumineux issus de la source sont guidés par le fil de verre en suivant un principe de réflexion interne qui se produit au niveau de la frontière entre le coeur et la gaine. Si la réflexion ne laisse subsister qu'un seul rayon, le diamètre du fil étant très réduit, alors on parle de fibre monomode, sinon, lorsqu'il existe plusieurs rayons simultanément, on parle de fibre multi mode. Enfin, la bande passante d'une fibre optique étant très large (plusieurs MHz), il est aisé de faire du multiplexage fréquentiel pour faire transiter simultanément plusieurs communications.

Les liaisons sans fil sont possibles grâce à des liaisons infrarouges, laser ou hertziennes sur de courtes distances et grâce aux faisceaux hertziens pour les liaisons satellitaires. Les débits sont très élevés mais les transmissions sont sensibles aux perturbations et les possibilités d'écoute sont nombreuses.

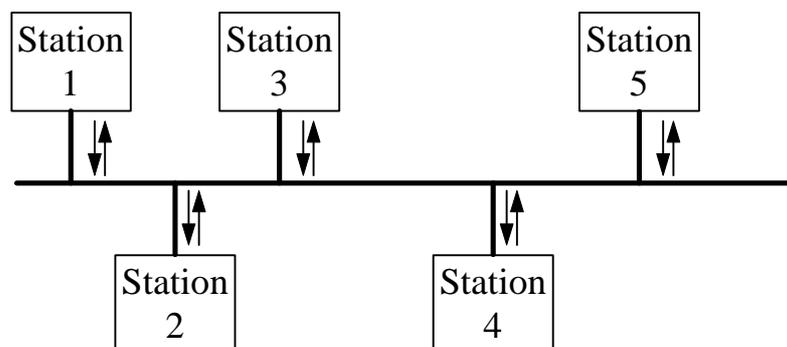
3.1.2. Topologie

La manière dont les stations du réseau sont reliées entre elles s'appelle la topologie du réseau, et elle a une grande importance pratique pour les diverses applications que l'on veut en faire.

On trouve les topologies suivantes :

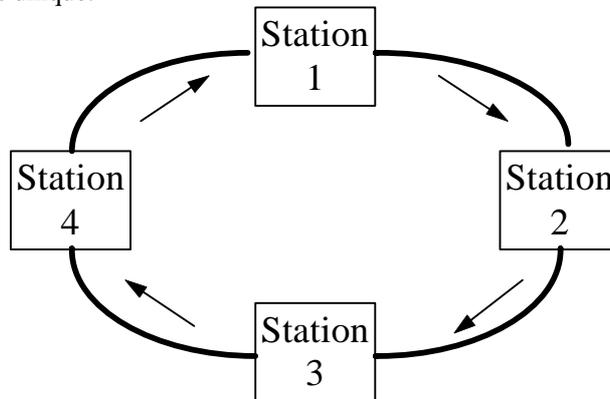
Bus

Un réseau a une topologie bus quand le support est strictement linéaire et que toutes les stations y sont raccordées. Si la transmission est bidirectionnelle, toutes les stations connectées reçoivent les signaux émis sur le bus. C'est une topologie à diffusion physique comme la radio.



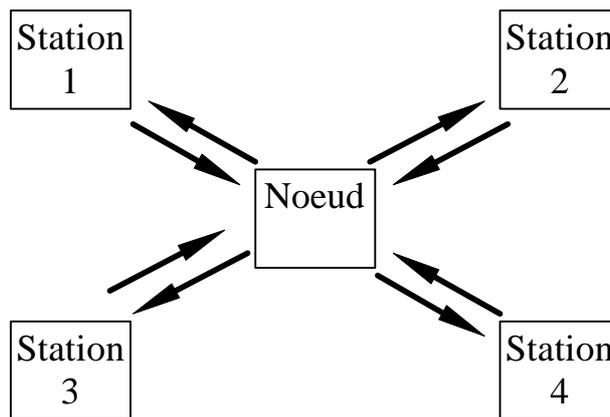
Anneau

Un réseau a une topologie d'anneau quand toutes ses stations sont connectées en chaîne les unes aux autres par une liaison bipoint de la dernière à la première. Chaque station joue donc un rôle intermédiaire. Toutes les stations reçoivent toutes les trames d'information et les font passer à leur voisin. La circulation de l'information se fait en sens unique.



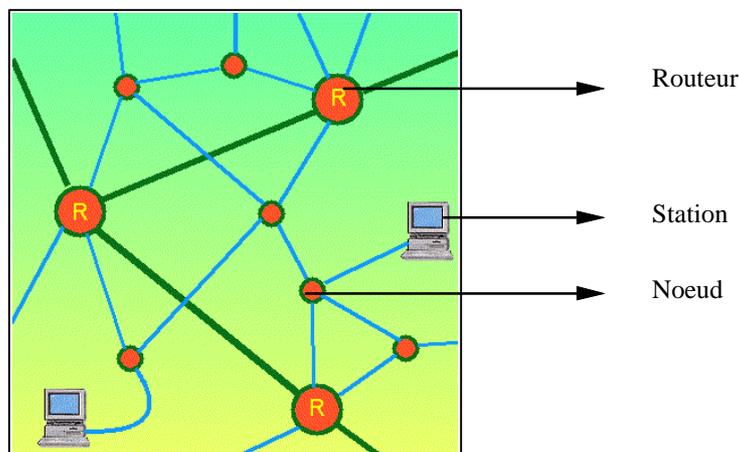
Etoile

Un réseau a une topologie étoile quand les stations sont raccordées par des liaisons point à point à des noeuds qui sont chargés de réémettre la trame. Le noeud est une sorte de répéteur ou de commutateur selon le cas. Deux stations peuvent échanger des données à condition d'en passer par le noeud. C'est une topologie peu utilisée actuellement.



Maillé

Un réseau a une topologie maillée quand il existe plusieurs chemins possibles pour transmettre une trame d'un équipement à un autre. Un algorithme de routage est alors nécessaire pour déterminer le chemin à utiliser. Cette topologie se rencontre dans les grands réseaux de distribution.



3.1.3. Synchronisation

La synchronisation au niveau physique est la fonction qui consiste à déterminer les instants d'échantillonnage du signal reçu pour y connaître l'information émise. Il s'agit de synchroniser les signaux d'horloge qui pilotent l'échantillonnage à la réception sur les signaux d'horloge de l'émetteur.

Transmission Synchrone

La transmission synchrone suppose que la synchronisation est établie en permanence sur le canal y compris pendant les moments de silence. Ceci implique que le canal soit unidirectionnel.

Si les communications sont bidirectionnelles il faut alors deux canaux unidirectionnels. Le moyen le plus courant est de transporter sous une forme ou une autre les signaux de l'horloge de l'émetteur.

Transmission Asynchrone

La transmission asynchrone ne suppose une synchronisation des deux horloges qu'en début de transmission. On fait l'hypothèse que, pendant la transmission, l'horloge du récepteur ne dérivera pas suffisamment pour conduire à des sur échantillonnages ou à des sous échantillonnages. Ceci implique que les trames ne soient pas trop longues, ou que les moments élémentaires sont assez longs, c'est à dire que l'on ait une vitesse de modulation et donc un débit binaire trop élevés.

Transmission asynchrone synchronisée

La transmission asynchrone synchronisée est une transmission dans laquelle il y a synchronisation entre les horloges du récepteur et de l'émetteur en début, puis en cours de transmission. Ce mode de transmission est le plus répandu dans les réseaux industriels, car adapté aux transmissions bidirectionnelles.

3.2. Couche liaison de données

La couche liaison de données se divise en deux sous couches : la sous couche MAC et la sous couche LLC.

3.2.1. Sous couche MAC

Le rôle de la sous couche MAC « Medium Access Control » est d'assurer l'accès au support de communication. En effet, les différents protocoles MAC gèrent le droit de parole dans le réseau ou le droit d'émission sur le support comme on gère les prises de parole entre personnes dans une assemblée.

Il existe différentes méthodes pour contrôler l'accès au réseau et s'assurer que deux stations ne transmettent jamais des trames simultanément sur le réseau.

3.2.1.1. Gestion par compétition

Dans les méthodes d'accès par compétition, chaque station peut émettre dès qu'elle le désire quand le support est inoccupé, à condition de pouvoir détecter ses conflits d'accès avec les autres stations.

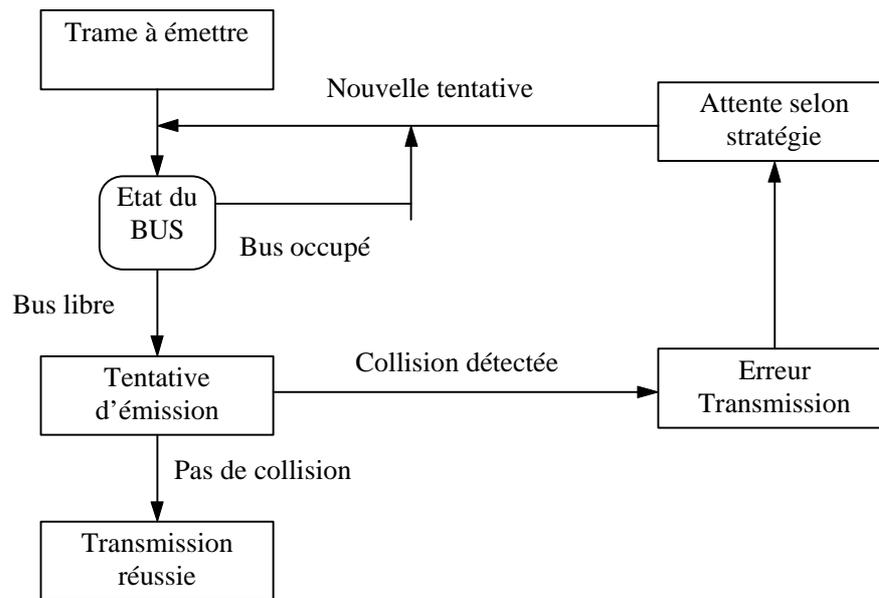
L'accès par compétition nécessite une topologie qui offre la diffusion physique de façon à ce que chaque station puisse détecter qu'une autre est en train d'émettre.

Les principales méthodes d'accès par compétition sont : la méthode CSMA (Carrier Sense Multiple Access) et ses variantes.

Le CSMA permet à chaque station de déterminer si le câble est déjà utilisé par une autre station, cela empêche une quelconque machine d'interrompre une transmission.

Cependant, la CSMA ne peut pas empêcher tous les conflits possibles. Il se pourrait très bien que lors de la vérification de l'état du câble, celui-ci apparaisse libre pour deux stations qui enverraient alors simultanément leurs trames, ce qui générerait une collision. Il faut alors détecter et résoudre ce conflit.

Le schéma général de fonctionnement est le suivant



Les différentes variantes de CSMA sont :

CSMA/CD ou Ethernet

Ce protocole propose la solution suivante : la station écoute le bus en même temps qu'elle émet et si elle reçoit un signal différent de celui qu'elle est en train d'émettre, elle considère qu'elle est en conflit avec une autre station et cesse d'émettre ses données, d'où l'appellation CSMA/CD (CD : « Collision Detection»). La méthode implique que:

- L'utilisation d'équipements permette de détecter les collisions au niveau physique.
- La durée de l'émission soit supérieure au délai de propagation.

Lorsqu'une collision est détectée, les stations doivent réémettre leurs trames. La méthode CSMA/CD utilise une réémission « adaptative » : au lieu de réémettre immédiatement, après avoir détecté une collision, chaque station doit attendre un délai aléatoire avant de retransmettre. Elle utilise un algorithme adaptatif de calcul du délai d'attente, fondé sur le nombre de retransmissions déjà effectuées (ce qui diminue la probabilité de faire attendre le même délai aux stations en situation de conflits).

CSMA/CA ou BA

La méthode d'accès CSMA/CA (Collision Avoidance) ou BA (Bit Arbitration) est aussi appelée CSMA avec forçage. Elle est caractérisée par le fait que même en cas de collision, une trame réussit à être transmise ; il s'agit de celle de plus haute priorité. Le principe est basé sur le même que celui du CSMA/DC, mais avec une détection et un arbitrage bit par bit.

Cela implique que le temps de transmission d'un bit soit au moins égal au double du délai de propagation.

Si plusieurs stations détectent le canal libre en même temps, elles émettent chacune un bit tout en observant l'état du canal.

- Soit les bits sont égaux alors chaque station a l'impression d'être seule à émettre
- Soit les bits sont différents, alors le codage des signaux est tel que le réseau affiche un bit égal au bit dit dominant.

Les stations qui ont émis ce bit se considèrent comme seules à émettre. Les autres arrêtent leur émission (le bit émis est dit récessif), et ainsi de suite jusqu'au moment où une seule peut terminer son émission. Ceci est garanti par le fait que chaque trame débute par une suite de bits uniques qui est en fait son code de priorité.

CSMA/DCR

Cette variante de la technique CSMA a été définie pour garantir une borne supérieure au temps de latence. Cette variante offre une technique particulière de résolution de collision. La solution est basée sur une suite de partitionnements dichotomiques des stations qui ont le droit de réémettre. Le critère de partitionnement peut être l'adresse de la station ou n'importe quel autre identificateur. De telles techniques permettent de garantir qu'après une collision toutes les trames concernées seront émises dans un délai donné. Le problème est que, pendant ce temps, les autres stations n'ont pas le droit à la parole.

3.2.1.2. Gestion par multiplexage temporel synchrone

Le multiplexage temporel « TDMA » (Time Division Multiple Access) consiste à allouer le médium aux diverses stations à tour de rôle pendant un intervalle de temps donné. Si toutes les stations ont le même temps de parole de façon cyclique, on parle de multiplexage temporel synchrone.

Chaque station sait à quel moment elle doit émettre ce qui implique une bonne synchronisation des horloges. Les horloges peuvent être resynchronisées par différents algorithmes. Le plus courant est qu'une station maître sur le réseau émette une trame spéciale en début de cycle à destination de toutes les autres qui recalent leurs horloges à cet instant.

3.2.1.3. Gestion par droit de parole explicite ou par consultation

Le principe de base de ce type de protocole est qu'une station ne peut émettre que lorsqu'elle en a reçu explicitement le droit. Un message spécial doit donc être transmis à une station pour lui donner ce droit d'émettre « La technique du jeton ».

Il existe plusieurs critères qui permettent de distinguer différents protocoles de la technique du jeton :

- La topologie en bus du réseau
- La topologie en anneau du réseau
- L'émission des jetons par une seule station (gestion centralisée) ou non (gestion distribuée)
- Le nombre de jetons en circulation

Jeton sur anneau

Chaque station est connectée à une suivante, la dernière étant reliée à la première. Un jeton est généré par une d'entre elles et transmis à la suivante. Si une station a une trame à émettre, elle attend un jeton, le capture, émet la trame, attend que la trame fasse un tour complet, et retire la trame, c'est à dire qu'ayant dû reconnaître quelle était la station émettrice, elle ne réémet plus la trame mais un jeton pour la station suivante et ainsi de suite.

La topologie d'anneau permet d'exercer un contrôle supplémentaire : la vérification que le destinataire a bien reçu la trame (en changeant les octets réservés à cette effet par le destinataire). Le destinataire est désigné dans la trame comme l'émetteur.

La principale caractéristique de ce protocole est de donner le droit de parole de façon quasi-périodique. Chaque station a la possibilité d'émettre une trame sur N trames au minimum s'il y a N stations. La période est raccourcie quand des stations passent leur tour. Elle varie aussi avec la longueur de la trame.

Jeton sur bus

La technique de jeton sur bus est voisine de celle sur anneau. Toutefois la notion de successeur n'existe pas par câblage. Le jeton doit donc spécifier le destinataire. De plus la topologie de bus conduit à une diffusion du signal. Toutes les stations connectées reçoivent le jeton mais seule la station, dont le MAC aura reconnu son adresse, aura le droit d'émettre. Elle utilise le jeton en émettant une ou plusieurs trames selon le temps de détention du jeton qui lui a été alloué, et elle réémet le jeton vers un successeur désigné (ce qui nécessite la création d'un anneau virtuel en indiquant à chaque station son prédécesseur, son successeur).

Comme dans le cas du jeton sur anneau, la principale caractéristique de ce protocole est de donner le droit de parole de façon quasi-périodique : un droit de parole d'une durée prédéfinie THT (Token Holding Time) à chaque cycle de durée égale à la somme de tous les THT.

Mais la période varie selon le nombre de stations actives, selon le fait que les stations libèrent ou non leur jeton avant l'échéance de leur THT, selon le fait que des erreurs peuvent conduire à reconstruire l'anneau virtuel.

Scrutation

La technique scrutation est une technique centralisée, elle est plus utilisée sur des topologies en bus qu'en anneau. Une station maître est chargée de distribuer les droits de parole. Elle le fait en envoyant l'équivalent d'un jeton de façon périodique ou non, selon une stratégie prédéfinie. Quand une station reçoit le droit de parole, elle dispose d'un délai maximum de réponse. Le jeton revient toujours au maître.

Quand le maître a une information à envoyer à une station, elle la lui adresse comme elle aurait envoyé un jeton. Cette information peut contenir un jeton ou non pour donner un droit de parole à la station concernée.

La principale caractéristique de ce protocole est de pouvoir respecter un ordonnancement de scrutation en configurant le maître selon les besoins. Il peut aussi respecter des périodes qui peuvent toutefois dépendre de la longueur des trames émises, des pertes, des défaillances de station, etc.

Trame circulante

La technique des trames circulantes s'applique aux topologies en anneau. Elle consiste à découper la longueur du canal, définie en bits, en un certain nombre de paquets ou de cellules de taille donnée. Ces trames se suivent sur l'anneau. Chaque cellule est initialement vide. Quand une cellule vide arrive dans une station ayant quelque chose à émettre, celle-ci remplit la cellule, indique son adresse et celle du destinataire, attend que la cellule revienne, la vide et la renvoie sur le réseau. Une cellule vide est équivalente à un jeton libre.

L'objectif de cette partie est de rappeler succinctement les principes des protocoles de Medium Access Control. Ces protocoles peuvent être combinés pour des besoins particuliers.

3.2.2. Sous couche LLC

La sous couche de contrôle de la liaison logique (dite « LLC » ou « Logical Link Control Sublayer ») utilise la couche de contrôle d'accès au médium MAC pour offrir à l'utilisateur des services tels que :

- L'émission, et la réception des trames
- L'établissement et la fermeture des connexions logiques
- La détection d'erreurs de séquençement de trames
- Le Contrôle de flux

Elle se décline en trois versions LLC 1, LLC 2 et LLC 3 présentant des différences de fiabilité. L'ensemble de ces trois versions s'interfacent à l'ensemble des couches physiques par l'intermédiaire de chacune des couches MAC spécifique à chaque type de couche physique.

L'interface LLC - Couche Supérieure (Réseau) est la même, quel que soit le sous réseau physique. On assure ainsi l'indépendance des logiciels des couches supérieures vis-à-vis des caractéristiques physiques du sous réseau.

3.2.2.1. Service de type 1 « LLC 1 »

Le service de type 1, appelé aussi service Datagrammes est un service dont les propriétés sont :

- sans connexion.
- sans acquittement sur erreur.
- sans contrôle de flux de données.
- avec code détecteur d'erreurs, qui lui permet d'éliminer les trames erronées.

En fait ce service offre les moyens d'émettre des données sans garantie de livraison au destinataire, ce qui implique qu'un contrôle d'intégrité du message soit fait dans l'une des couches supérieures (généralement en couche transport). Ce service constitue le service minimal que doit offrir la couche liaison. Il est intéressant dans les cas où la transmission physique se fait avec un faible taux d'erreur. En effet, l'élimination des erreurs par les couches supérieures - renvoi de trame - consomme un temps important. Et il vaut mieux que cet incident soit rare. Si les incidents sont rares, mettre en place un service complexe au niveau de la couche liaison, consommerait inutilement du temps de traitement. Inversement, si les lignes sont très perturbées, il vaut mieux rattraper les trames erronées au plus bas niveau.

3.2.2.2. Service de type 2 « LLC 2 »

Le service de type 2 est un service dont les propriétés sont :

- avec connexion.
- avec acquittement des trames.
- avec reprises sur erreur.
- avec contrôle de flux de données.

Il permet d'établir des connexions logiques entre des utilisateurs qui désirent dialoguer et de libérer ces connexions à la fin du dialogue. Les données échangées sur une connexion logique sont acquittées, leur ordre d'émission est vérifié à la réception et un contrôle de flux est assuré par le protocole LLC. En cas d'erreurs de transmission, le protocole assure la retransmission des données sans faire intervenir le niveau supérieur. Toute connexion gérée par le service de type 2 est toujours établie entre deux entités de niveau supérieur. C'est le service le plus complet. Ce service n'est défini que pour une liaison bipoint.

3.2.2.3 Service du type 3 « LLC 3 »

Il a été inventé à la demande des industriels pour les bus à jeton dans un contexte de contrôle de process. L'exigence des concepteurs de réseaux de type industriel se situe principalement au niveau de la contrainte de temps pour la transmission des trames.

C'est un protocole plus simple que LLC 2, il cherche à améliorer la fiabilité des échanges, sans avoir un coût de gestion important. Ce service permet d'acheminer les trames acquittées individuellement (c'est à dire qu'il n'y a ni vérification de l'ordre de l'émission à la réception, ni établissement de connexion, ni contrôle de flux).

Il permet aussi, grâce à un mécanisme de demande de réponse explicite, de déclencher la lecture d'une donnée stockée sur une station distante et il est bien adapté aux échanges entre tampons.

Une station peut supporter un ou plusieurs des types des services précédents. De plus ces services peuvent s'appliquer à des échanges de tampons ou d'éléments de file d'attente. Certains peuvent être multipoint ou bipoint.

3.3. Messagerie et couche application

On appelle « Messagerie industrielle » un ensemble de services (et protocole) qui permettent l'échange de messages entre processus d'application dans les domaines du contrôle commande, des systèmes embarqués, etc. On trouve les messageries dans plusieurs contextes, par exemple SNMP dans le monde TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), MMS et FMS dans le monde réseaux industriels.

Ces messageries doivent régler deux types de problèmes, fournir les services d'échanges comme les lectures ou écritures de valeurs à distance, mais aussi assurer l'interopérabilité entre les équipements ou entre les processus d'application, interopérabilité qui passe par la définition de la sémantique des objets échangés.

3.3.1. MMS

MMS (Manufacturing Message Specification) constitue l'exemple typique de la première famille de messageries. L'idée est de définir la façon de transporter les requêtes entre un demandeur appelé « Client » et un fournisseur appelé « Serveur », sans avoir à connaître la manière dont le service sera effectivement fourni. Cette idée est matérialisée par la construction chez le serveur comme chez le client d'une image virtuelle des objets manipulés par les tâches locales.

Ces objets sont abstraits, ils sont définis par leurs caractéristiques et les opérations auxquelles ils peuvent être soumis. La messagerie MMS ne fait que transporter les demandes d'opérations (avec les paramètres adéquats) et leurs résultats. Les opérations réelles sur les objets réels ne sont pas du ressort de la norme MMS. Une fonction dite « fonction exécutive » est en charge des opérations réelles. La plupart des services de MMS sont réalisés sur le modèle client/serveur.

Trois services sont disponibles, Read, Write, Information Report. Read et Write permettent respectivement à un client de demander à un serveur de lire et écrire des valeurs d'objets. Information Report permet au serveur d'envoyer spontanément la valeur d'un objet à un client.

Ces trois services permettent évidemment tous les échanges de données entre deux entités. Pour la bonne exécution des échanges, les paramètres de ces services sont la désignation des entités participantes (adresse Source, adresse Destination), la désignation des données échangées (notée par « objet ») et leurs valeurs.

Du point de vue temporel, les clients peuvent exécuter des services cycliquement ou non. Le service Information Report peut aussi être utilisé dans un processus cyclique. La périodicité réellement obtenue dépendra des protocoles sous-jacents, de la charge du réseau ainsi que du serveur.

3.3.2. SNMP

SNMP (Simple Network Management Protocol) a été défini par l'Internet au milieu des années 80 pour assurer les opérations de gestion de réseau du type TCP/IP, c'est à dire pour configurer, maintenir, observer l'état et le comportement des stations du réseau. Les stations sont modélisées au travers d'un certain nombre d'objets simples ou structurés qui constituent une base de données locales à chaque station.

SNMP définit localement une sorte de base de données locale à chaque site. Cette base appelée MIB (Management Information Base) regroupe l'ensemble des objets de gestion de la communication de la station. Chaque objet est défini par un identificateur, qui précise aussi le type de l'objet, une valeur et des paramètres.

La structure des MIB doit alors être décrite précisément de façon à être capable d'y retrouver les objets selon les besoins. Les MIB ont une organisation hiérarchique. Tous les objets de la station sont définis par une arborescence unique. Les feuilles de l'arbre sont les valeurs des objets élémentaires. Un objet de niveau N donné dans l'arborescence est défini par une suite d'index qui sont les numéros des branches constituant le chemin de la racine à l'objet.

Les opérations disponibles sur cette base de données sont des lectures, des écritures et des émissions spontanées. SNMP distingue deux types de station selon le modèle appelé Manager Agent. Chaque station est un agent, une ou plusieurs stations appelées Manager consultent et mettent à jour les MIB des agents. On peut assimiler un agent à un serveur et le manager à un client.

3.3.3. MPS

MPS (Messagerie Périodique & Apériodique Spécification) est pris comme troisième exemple de messagerie car cette norme présente des particularités intéressantes et des différences sensibles avec les deux précédentes. Elle privilégie le côté périodique, la diffusion, les attributs.

MPS n'assure que le transport de couples (identificateur d'objet, valeur de l'objet). Un objet sur une station est accessible soit en lecture soit en écriture. Un objet est produit sur un site par un processus dit producteur, le couple (objet, valeur) est transmis en multipoint vers tous les sites. Certains possèdent des processus dit consommateurs qui se sont abonnés aux objets dont ils ont besoin. Ils reçoivent alors localement la valeur reçue.

On distingue les objets applicatifs des objets de communication :

- Un objet applicatif est un objet traité par un processus d'application. La messagerie MPS a comme fonction essentielle de transmettre les valeurs d'objets entre un producteur et les consommateurs. Un consommateur donné reçoit globalement les objets de communication auxquels il est abonné, même s'il n'est pas intéressé par tous les objets applicatifs qui y sont contenus. Il a la possibilité de ne considérer que les objets applicatifs qui le concernent.
- Un objet de communication est composé d'objets applicatifs transmis en même temps dans le même message. On cherche donc à regrouper en un seul message toutes les informations qui doivent être transportées. Un objet de communication a un nom unique pour l'ensemble des stations. Le producteur et les consommateurs doivent connaître la structure de l'objet de communication. C'est à la configuration que cette question est résolue.

Ces trois classes de messagerie offrent essentiellement des services de transmission de variable d'état, plutôt que d'événement. En effet, on ne transmet dans tous les cas que des valeurs de variables. Toutefois, les services de transmission spontanée permettent d'émettre sans demande préalable tout ce qui peut être important et en particulier des variables dont la sémantique serait celle d'événements. Autrement les événements doivent être détectés par les clients ou par les consommateurs par analyse (périodique ou non) des valeurs successives des variables d'état.

4. Les critères de comparaison entre RLI

Le CIAME (Comité Interprofessionnel pour l'Automatisation et la Mesure) propose un ensemble de critères pour la comparaison des RLI. Ils sont répartis en deux sous-groupes.

4.1. Critères techniques

4.1.1. Topologiques

Longueur maximale : C'est la longueur maximale du réseau en fonction du nombre de répéteurs et du type de médium utilisé.

Topologie : Architecture physique et implantation des noeuds connectés au réseau, structure de câblage de toutes les stations.

4.1.2. Temporels

Vitesse de transmission : Vitesse de transmission physique maximale possible pour le réseau.

Temps de réaction maximal : Délai maximal possible qui peut survenir lors de l'envoi d'informations. Ce temps dépend du temps de cycle, du nombre d'abonnés, de la longueur du réseau, du médium et de la vitesse physique de transmission.

4.1.3. Autres

Nombre maximum d'équipements : Nombre d'équipements qui peuvent être connectés au réseau. Il dépend en partie du nombre de répéteurs utilisés.

Efficacité du protocole : rapport entre les données utiles et la longueur du message.
 $LU/LT * 100$ avec LU =Longueur des données Utiles
 LT =Longueur Totale du message (données utiles +bits de trame)

Détection d'erreurs : Mécanisme de détection d'erreurs (parité, CRC...)

4.2. Critères stratégiques

4.2.1. Standards

Couches OSI : Définition des couches du modèle de référence OSI utilisé.

Certification : Entité responsable de la réalisation de tests et de la certification (tests des produits développés pour assurer la compatibilité)

4.2.2. Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : Disponibilité des composants existants, spécifications des fabricants.

4.2.3. Autres

Diffusion, nombre d'installations : Nombre d'installations en fonctionnement.

Perspectives pour l'avenir : Présomption empirique du rôle joué par le réseau dans l'avenir.

5. Les principaux réseaux

5.1. Réseau CAN

Le bus/réseau CAN (Controller Area Network) est un réseau à part entière respectant le modèle d'interconnexion des systèmes ouverts OSI. C'est aussi réseau de terrain aussi car il doit fonctionner dans un environnement limité géographiquement et sévère comme une usine, un atelier, une voiture...

Il a été défini par BOSCH dès 1984 et INTEL a développé le premier circuit intégré en 1987.

5.1.1. Architecture de CAN

Les spécifications de CAN ne couvrent que les deux couches basses du modèle OSI : Physique et liaison de données. Le réseau CAN est un bus série à diffusion, avec accès prioritaire, et résolution non destructive des collisions (CSMA/CA).

5.1.2. Couche Physique

La couche physique de CAN autorise un débit de 1 Mbit/s sur un bus bifilaire de 40 m. 30 noeuds peuvent être raccordés. La longueur peut être étendue à 500 m avec 64 stations à 125 kbits/s.

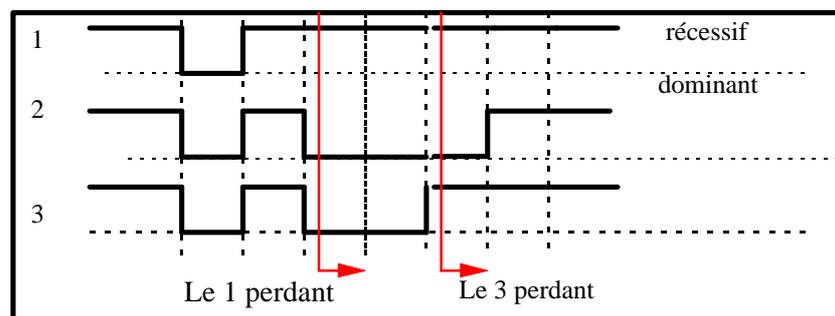
En ce qui concerne le flot de bits des trames du bus CAN, la méthode de codage NRZ (Non Return to Zero) a été retenue. Ceci revient à dire que pendant la durée totale du bit généré, son niveau reste constant qu'il soit dominant ou récessif. Les signaux sont codés sur deux fils appelés CAN-L (Low) et CAN-H (high).

- Un bit est considéré comme récessif si $CAN-H - CAN-L < 0.5V$
- Un bit est considéré comme dominant si $CAN-H - CAN-L > 0.9V$

De plus afin de sécuriser la transmission des messages on utilise la méthode dite de Bit-Stuffing (bit de transparence). Cette méthode consiste, dès que l'on a émis 5 bits de même polarité sur le bus, à insérer un bit de polarité contraire pour casser des chaînes trop importantes de bits identiques. On obtient ainsi dans le message un plus grand nombre de transitions, ce qui permet de faciliter la synchronisation en réception par les noeuds. Cette technique doit être implantée aussi bien à la réception qu'à l'émission.

5.1.3. MAC : CSMA/CD ou BA

Le bus CAN utilise la méthode d'accès CSMA/CD. Toutes les trames circulant sur le bus CAN commencent par un identificateur d'objet qui doit être unique dans le réseau. Chaque message a une priorité représentée par cet identificateur ; l'identificateur de valeur binaire le plus faible est celui de priorité la plus haute. Chaque station émettrice observe l'état du bus bit après bit. Si la station observe un bit dominant, elle est au contraire en train de transmettre un état récessif alors elle a perdu l'accès au bus.



5.1.4. LLC

Un émetteur diffuse sa trame vers toutes les stations du réseau CAN et chaque noeud récepteur décide, selon l'identité de l'identificateur du message, s'il doit traiter ou non. C'est à dire qu'une phase de configuration a dû préciser quels étaient les identifiants en réception pour chaque station. A la réception d'une trame, une opération dite de « filtrage » décide de la recopier ou non selon la configuration de la station.

5.1.5. Critères de comparaison du Réseau CAN

5.1.5.1. Critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : 1000m à 50Kbits/s, 40m à 1Mbit/s. Pas de répéteur.

Topologie : Bus avec résistance de terminaison de ligne.

Temporels

Vitesse de transmission : 1 Mbit/s au maximum, 20kbits/s au minimum.

Temps de réaction maximal : Indéfini (bus non déterministe).

Autres

Nombre maximum d'équipements : 32 stations avec une RS485 (couche physique). Pas de limitation par le mode d'adressage.

Efficacité du protocole : de 0% à 53% en fonction du nombre de données utiles.

Détection d'erreurs : - CRC

- Format Check
- Bit check : chaque station écoute ce qu'elle envoie.

5.1.5.2. Critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1, 2, 7

Certification : Disponible ou en préparation pour CAN open, DeviceNet et SDS.

Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : 22 fabricants... Difficile de citer tout le monde.

Autres

Diffusion, nombre d'installations : Europe, USA, Japon.

+ De 9000000 de noeuds installés dans l'automobile.

+ De 6000000 de noeuds installés dans les automatismes Industriels.

=> Fait partie des bus de terrain les plus répandus.

Perspectives pour l'avenir :

- Composants bon marché
- Beaucoup de fournisseurs
- Beaucoup d'applications

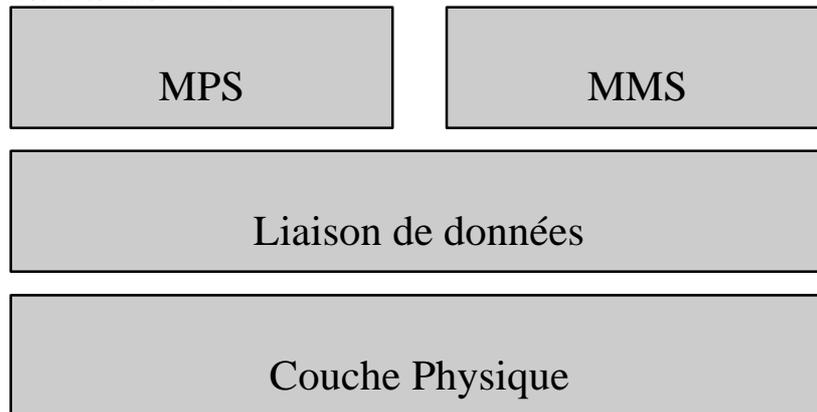
5.2. Réseau Worldfip

WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) est un réseau de terrain conçu pour assurer les liaisons entre les niveaux zéro (les capteurs actionneurs) et un des systèmes d'automatisation (les automates programmables, les régulateurs).

WorldFIP est un bus de terrain dont le cahier des charges a été exprimé par des utilisateurs. La grande majorité des produits autour de ce réseau provient de France.

5.2.1. Architecture du réseau WORLDFIP

L'architecture du réseau est la suivante :



Cette architecture met en évidence l'existence de deux profils relativement différents pour la couche application. En effet cette architecture est constituée d'un profil offrant une certaine qualité de service temporelle (on pourrait dire une architecture temps critique, composé de MPS), et d'un profil, plus classique ne présentant pas cette propriété (MMS).

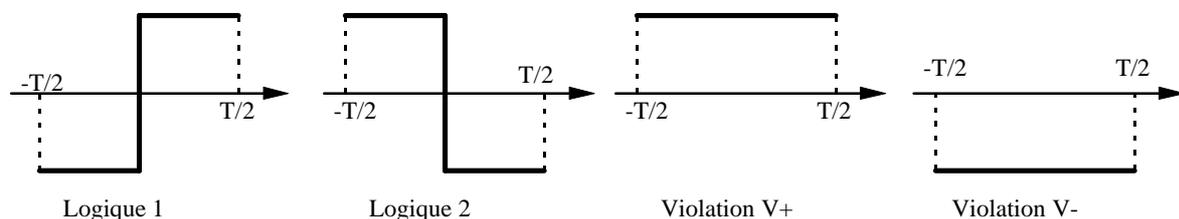
La norme FIP ne fait pas référence à une couche de gestion d'accès au support (MAC).

5.2.2. Couche physique

La couche physique de WorldFIP assure le transfert de bits d'informations d'un équipement vers tous les autres équipements connectés sur le bus. Le support de transmission peut être une paire torsadée blindée ou une fibre optique.

La couche physique code les bits transmis par la couche liaison de données, en utilisant le code Manchester. Ce code permet de transmettre simultanément la synchronisation temporelle des signaux et les données. Chaque intervalle de temps permettant le codage d'un bit est découpé en deux parties de durées égales.

Représentation des symboles :



5.2.3. Couche liaison de données

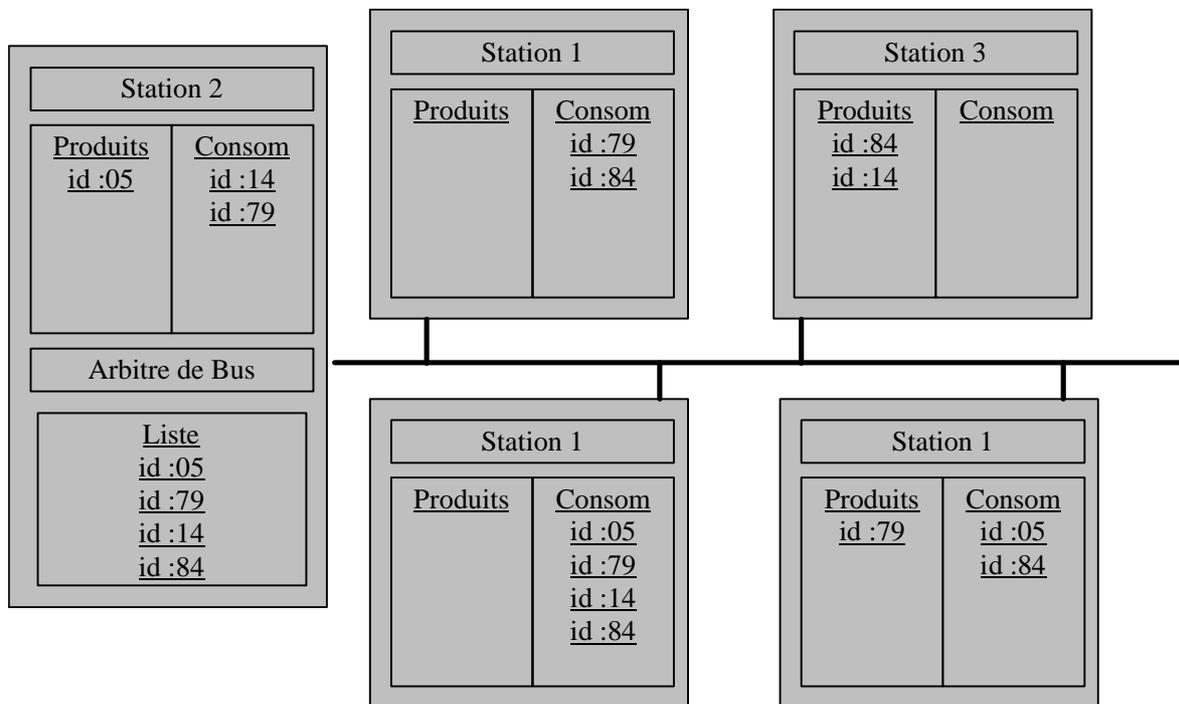
La couche liaison de données offre deux types de services de transmission :

- échanges de variables identifiées
- transferts de messages

Ces échanges peuvent se faire :

- En multipoint entre les processus d'application selon le modèle producteur-distributeur-consommateur, pour indiquer que le trafic est ordonnancé par la fonction « arbitre de bus ». Ces échanges se font entre tampons. Ils sont périodiques ou apériodiques.
- En point à point avec ou sans acquittement. Les échanges se font entre file d'attente.

Le contrôle d'accès au réseau est assuré par une fonction centralisée appelée "arbitre de bus" implanté dans une station dédiée. Les stations connectées peuvent être définies comme producteur et/ou consommateurs d'informations (figure 20). Une information (une variable) n'est produite que par un SEUL producteur et est référencée par un identificateur unique.



L'accès au réseau suit un cycle de fonctionnement qui se décompose en trois phases.

5.2.3.1. Trafic périodique et apériodique de variables

L'arbitre de bus prélève dans la table de scrutation l'identificateur de la variable et l'émet sur le réseau (identificateur unique). La station qui se reconnaît comme producteur de cette variable (grâce à l'identificateur) diffuse immédiatement une trame réponse contenant la valeur de cette variable. Toutes les stations la reçoivent mais seuls les consommateurs l'exploitent (pas de destinataire explicite, à chacune de se reconnaître).

La période de circulation d'une variable peut être adaptée aux contraintes temporelles de l'application en inscrivant celle-ci dans la table de scrutation.

La station qui veut acquérir une variable de façon apériodique doit rattacher à une trame réponse périodique une demande de requête apériodique. Celle-ci sera alors mémorisée par l'arbitre suivant le niveau de priorité requis (2 niveaux possibles : urgent ou normal) dans une des deux files d'attente de type FIFO (First In First Out). Dans la fenêtre temporelle apériodique, l'arbitre de bus interroge les stations ayant effectué ce type de demande afin d'obtenir l'identificateur de la variable désirée. Puis l'arbitre gère la diffusion de la valeur de cette variable selon un fonctionnement identique au trafic périodique.

5.2.3.2. Trafic apériodique de messages

Le trafic apériodique de messages suit un fonctionnement identique à celui du trafic apériodique de variables. Une demande de requête de message est rattachée à la trame réponse d'une variable périodique. L'arbitre informe la station concernée qu'elle peut émettre dans la fenêtre apériodique. Lorsque l'arbitre de bus reçoit la fin de trame du message, il reprend la gestion du bus. A noter que les demandes de requête d'échanges apériodiques ne peuvent se faire que dans la fenêtre périodique. Toutes les stations désirant participer à ces échanges apériodiques doivent donc participer également au trafic périodique (i.e. produire au moins une variable périodique).

5.2.4. Couche application :MPS

La couche application MPS offre à l'utilisateur :

- des services de lectures/écritures locales : Ces services permettent de déposer ou prélever des valeurs dans des buffers. Ces services n'engendrent aucun trafic sur le bus.
- des services de lectures/écritures distantes : Les opérations de lecture et d'écriture peuvent être déclenchées par n'importe quelle entité. Une opération d'écriture à distance consiste pour un producteur, à d'abord effectuer une écriture locale puis à déclencher le transfert vers les consommateurs. De façon, similaire, une lecture distante consiste à demander le transfert de la valeur courante de l'objet chez le producteur, opération suivie d'une lecture locale.
- des indications d'émission/réception de variables : L'utilisateur peut être optionnellement informé de l'émission ou de la réception d'une variable identifiée. Cette indication lui permet par exemple de se synchroniser sur une information réseau.
- des informations de fraîcheur des informations consommées : qui ce sont des informations booléennes associées aux variables échangées renseignent l'utilisateur sur la validité des données produites et consommées.
- des informations de cohérences spatiales et temporelles de données : Les cohérences temporelles et spatiales sont des statuts booléens élaborés optionnellement par les consommateurs d'une liste de variables identifiées. .

5.2.5. Critère de comparaison WORLDFIP

5.2.5.1. Critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : 4000m (avec 3 répéteurs = 1 par km à 1 Mbit/s)

Topologie : Bus ou étoile

Temporels

Vitesse de transmission : 1 Mbit/s typique

Temps de réaction maximal : - Variable périodique : aucun car le temps de cycle est défini.

- Variable aperiodique : dépend du taux d'occupation du bus, de la priorité de la variable, du remplissage de la file d'attente.

Autres

Nombre maximum d'équipements : 256 (adresse sur 1 octet)

Efficacité du protocole : de 3% à 85% en fonction du nombre de données utiles.

Détection d'erreurs : - Détection de la durée d'occupation

- Contrôle de trame (Check)

- Surveillance des identifiants (identifiant demandé = identifiant émis)

5.2.5.2. Critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1, 2, 7

Certification : s'adresser au centre technique de WORLDFIP

Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : 4 fabricants... une dizaine de composants.

Autres

Diffusion, nombre d'installations : France, Italie, Angleterre, Amérique du nord..
350 000 noeuds installés

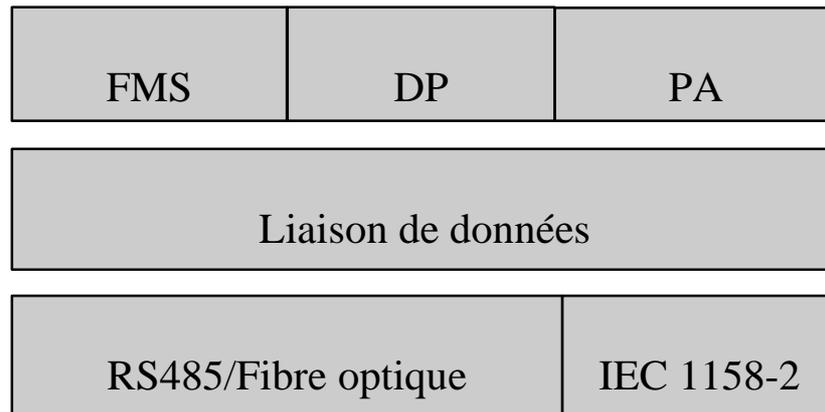
Perspectives pour l'avenir : - utilisés par plusieurs sociétés mais le nombre de noeuds
Installés est significativement très inférieur à d'autres bus

5.3. Réseau PROFIBUS

Profibus (PROcess FIeldBUS) est initialement issu d'un projet allemand regroupant entre autres, Bosch, Klockner-Moeller et Siemens. Trois variantes existent maintenant, Profibus FMS (Field Message Specification), Profibus DP (Distributed Periphery) et Profibus PA (Process Automation). Elle utilisent toutes la couche liaison originelle de Profibus mais diffèrent selon soit la couche physique, soit la couche application.

5.3.1. Architecture de PROFIBUS

Profibus est un ensemble de trois profils de réseaux qui n'ont en commun que la couche liaison de données. L'architecture de Profibus est la suivante :



5.3.2 Couche physique

Profibus-FMS, Profibus-PA et Profibus-DP ont une topologie bus.

Sur une paire torsadée les vitesses peuvent atteindre :

- Pour Profibus-FMS, la vitesse de transmission est de 1.5 Mbits/s pour une longueur max de 400m (sans répéteurs) ; il est possible d'atteindre 1000m avec un débit de 187.5 kbits/s.
- Pour Profibus-PA, la vitesse de transmission a été réduite à 93.75 kbits/s voire à 31.25 kbits/s
- Pour Profibus-DP, la vitesse de transmission peut être haut débit à 12Mbits/s pour un longueur max de 200m (1000m avec 4 répéteurs).

5.3.3. LLC

C'est un protocole sans connexions. Les services sont voisins du LLC type 3 auxquels est ajouté un service cyclique d'émission et de réponse immédiate.

En point à point, les services sont :

- **SDA** (Send Data with Acknowledge) : Emission de données avec acquittement
- **SRD** (Send and Request Data with reply) : Emission et demande de données avec réponse
- **CSRD** (Cyclic Send and Request Data with reply) : Emission et demande de données avec réponse cyclique qui représente uniquement un enchaînement séquentiel de SRD suivant une liste de scrutations.

En Multipoint il y a le service :

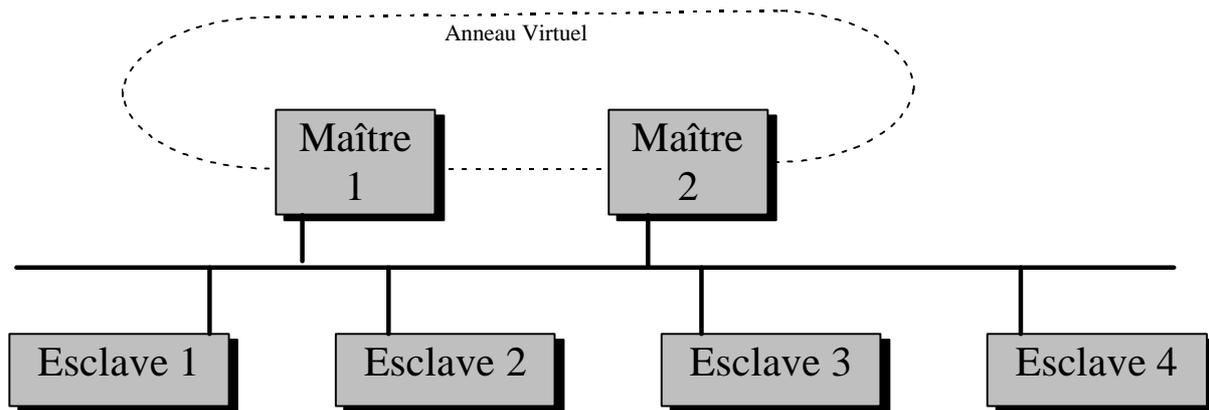
- **SDN** (Send Data with No acknowledge) : Emission de données sans acquittement qui permet l'émission de trames vers plusieurs stations.

5.3.4. MAC

La technique utilisée est celle du jeton sur bus. Toutefois une différence importante réside dans la définition de deux types de stations :

- Les stations maîtres constituant un anneau logique
- Les stations esclaves scrutées par un maître

Quand une station maître dispose du jeton, elle peut scruter ses équipements esclaves.



5.3.4.1. Profibus FMS

L'accès au bus est régi par un mécanisme hybride combinant le passage d'un jeton tournant entre les maîtres et la scrutation (polling) maître esclave, donc gestion décentralisée pour une communication maître maître et gestion centralisée pour une communication maître esclave.

Un télégramme jeton est transmis, selon un anneau logique, d'un noeud maître au maître suivant. Chaque maître détient le jeton pendant un intervalle de temps prédéfini (à la configuration) durant lequel il peut communiquer avec les autres noeuds connectés, qu'ils soient maîtres ou esclaves. Seul le maître actif a le droit d'initier un échange.

Les messages/informations prioritaires sont traités dès que le maître a reçu le jeton. Le maître assure l'échange des données cycliques (réalisé par la jonction de l'usage du service SRD) et traite ensuite les données acycliques demandées par l'application. La plupart des services spécifiés par le protocole Profibus nécessitent une confirmation ou une réponse (à l'exception du message broadcast). Profibus gère plusieurs types de télégrammes pour lesquels la longueur des données utiles peut atteindre 246 octets.

5.3.4.2. Profibus DP

Profibus-DP présente une capacité bien supérieure pour les échanges rapides de données d'entrées/sorties périodiques contrairement à Profibus-FMS. Il est d'ailleurs dédié aux échanges rapides de données périodiques entre des installations d'automatismes centralisées et des équipements périphériques simples (esclaves).

Dans le cas de plusieurs maîtres, c'est le principe du passage de jeton qui est utilisé comme pour Profibus-FMS ; les différents maîtres forment alors des sous-systèmes indépendants d'esclaves, mais peuvent partager certains esclaves. Cependant, les sorties ne peuvent être écrites (appliquées) que par un seul maître désigné à la configuration et le mode broadcast n'existe pas. Toutefois les entrées peuvent être lues par des requêtes différentes ce qui conduit les maîtres à avoir des vues décalées du même processus.

5.3.4.3. Profibus PA

L'accès au bus est analogue à FMS. Les caractéristiques du protocole sont semblables à Profibus-DP et une extension a été réalisée avec le service de communication aperiodique SRD (Send and Request Data). Le SRD normal impose à un esclave interrogé de répondre directement au maître qui l'interroge ; le SRD du Profibus-PA impose à l'esclave de répondre par un message de type diffusion et de mettre ainsi ses informations à disposition de tous les abonnés. Ce système résout le problème évoqué plus haut dans Profibus DP.

5.3.5. Couche application

La couche application FMS n'est utilisée que par Profibus-FMS. Elle est directement issue et inspirée de MMS. Le principe client serveur s'applique. La notion de VFD (Virtual Field Device) est analogue à VMD. Un VFD est composé de :

- ALI (Application Layer Interface) : sous couche contenant la description du VFD, des objets, des fonctions exécutives. Les objets définis sont des variables simples et les listes, tableaux et structures, domaines, événements, et tâches définis à la configuration ou dynamiquement (listes et tâches) dans un annuaire (Object Directory) local.

- FMS (Fieldbus Message Specification) : il contient la machine protocolaire entre client et serveur. FMS assure la génération des trames.
- FMA (Fieldbus Management Application) : il s'occupe de la gestion locale ou distante des contextes, de la configuration et des erreurs.
- LLI (Lower Layer Interface) : il assure la projection des services de FMS sur la couche liaison de données

Les Domaines typiques d'applications de ces trois réseaux sont:

- FMS : automatismes industriels, applications capteurs/actionneurs à faibles contraintes
- temporelles.
- PA : automatisation des processus.
- DP : applications capteurs/actionneurs.

5.3.6.Critère de comparaison PROFIBUS

5.3.6.1.Critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : FMS : 4800 m, 3 répéteurs.
PA : 1900 m, 3 répéteurs.
DP : 9600m, 7 répéteurs.

Topologie : Bus avec résistance de fin de ligne

Temporels

Vitesse de transmission : FMS : 9.6 Kbits/s à 500 Kbits/s
PA : 93.75 Kbits/s.
DP : 9.6 Kbits/s à 1.5 Mbit/s. 12 Mbits/s (Siemens)

Temps de réaction maximal : Calculable. Dépend du temps de cycle

Autres

Nombre maximum d'équipements : 127

Efficacité du protocole : de 0% à 70% en fonction du nombre de données utiles.

Détection d'erreurs : CRC

5.3.6.2.Critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1, 2, 7

Certification : Institut Fraunhofer Karlsruhe.
WZL Aachen
FZI Karlsruhe

Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : 8 fabricants... une vingtaine de composants.

Autres

Diffusion, nombre d'installations : Peu d'installations FMS.
Pas de données pour PA.
700 000 applications DP.

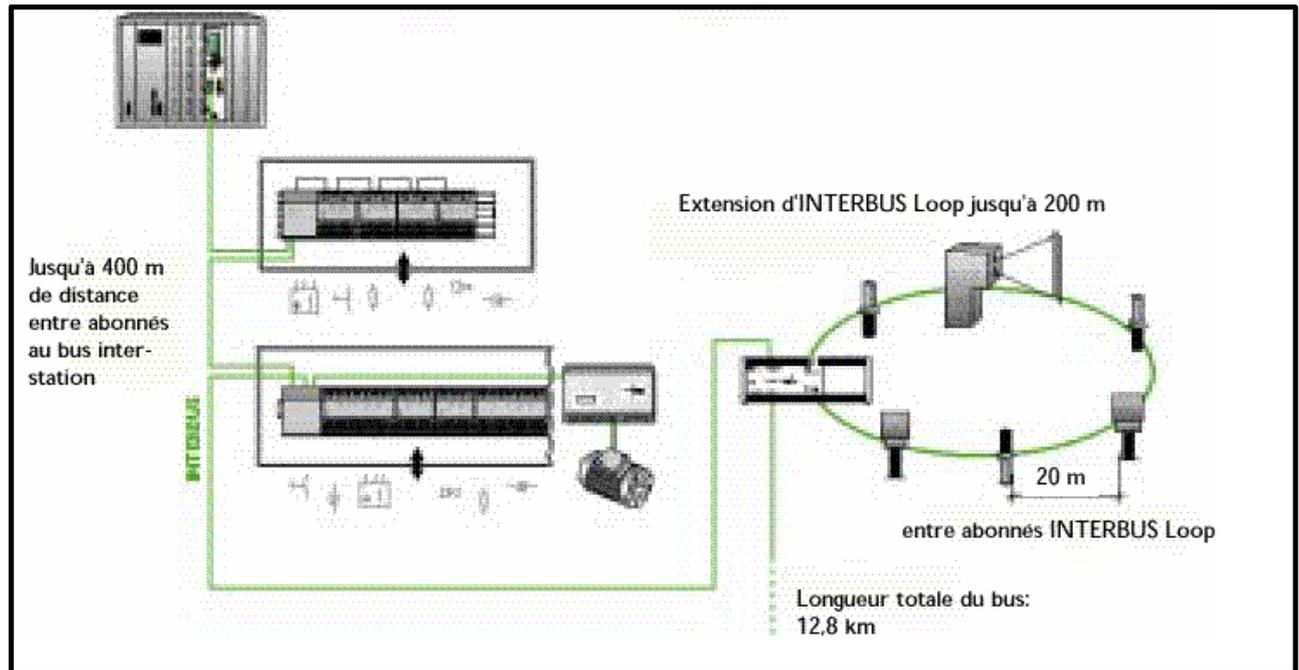
Perspectives pour l'avenir : Evolution du DP par rapport à FMS ?

5.4. Réseau INTERBUS

Développé par la société Phoenix Contact dans l'objectif de mettre à disposition des utilisateurs d'automates programmables un réseau de terrain à entrées/sorties numériques (réduction du câblage), il est le leader du marché en Allemagne. Plusieurs constructeurs automobiles ont choisi ce bus dans leurs installations de production. Il est en pleine expansion.

5.4.1. Topologie

Interbus a une topologie en anneau (selon une seule ligne ou câble physique comprenant les lignes aller/retour). Il y a une distinction entre les bus inter stations, les bus périphériques et le bus Interbus-Loop.



Le **bus inter stations** relie plusieurs bus périphériques à l'aide de connexions qui servent également de répéteurs (256 points de connexion max.). La vitesse de transmission sur ce bus est de 500kbits/s sur un segment de longueur de 400m max.

Le **bus périphérique** relie plusieurs modules d'entrées/sorties (8 modules max.). Sa vitesse de transmission est de 300kbits/s sur un segment de 10m de longueur max (utilisé à l'intérieur d'armoires de commande par ex.).

L'**Interbus-Loop** est dédié à la connexion directe de capteurs et actionneurs numériques ou analogiques (max. 64 éléments connectés mais plusieurs boucles (loop) peuvent être insérées dans le bus inter stations). Sa vitesse de transmission est de 500kbits/s sur une longueur de 100m max.

Cette topologie a pour avantage une localisation et un isolement faciles des parties en dysfonctionnement.

5.4.2. Protocole

Interbus est un système **Mono-maître/Multi-esclaves** optimisé pour la transmission numérique d'entrées/sorties TOR (Tout Ou Rien). Le réseau est organisé comme un registre à décalage où chaque équipement est représenté par un (ou plusieurs) mot(s) d'entrées/sorties de 16 bits. Son télégramme est composé de plusieurs mots :

- d'un mot appelé loop-back (caractérisant la fin du télégramme),
- des mots entrées/sorties de 16 bits (arrangés successivement selon la disposition des noeuds physiques, un identificateur unique par station ou noeud),
- d'un mot de CRC (pour détection d'erreur),
- d'un mot d'erreur (pour indication d'erreur).

Le maître fait circuler par décalage l'unique télégramme au sein de l'anneau. A la fin du cycle chaque mot atteint sa position dans le module correspondant (fin de décalage du registre). Les mots de sorties sont enregistrés dans sa mémoire (module), les données d'entrées contenues dans la mémoire sont écrites sur le bus.

En cas de détection d'une erreur (mécanisme CRC) toutes les données du cycle sont rejetées par le maître (16 tentatives avant arrêt du bus), les données du prochain cycle seront alors utilisées par les esclaves.

Pour la communication de données apériodiques de haut niveau (paramètres d'un service par ex.), le mécanisme PCP (Peripheral Communication Protocol) transmet des télégrammes à l'aide d'une pile. Les mots de cette pile sont insérés séquentiellement à chaque cycle de diffusion du télégramme, à travers un champ paramètre du télégramme (champs vide à défaut). Ce mode de communication est faiblement utilisé (plusieurs cycles nécessaires pour transmettre toute la pile). La synchronisation est assurée par un signal d'horloge interne au bus.

5.4.3. Critère de comparaison INTERBUS

5.4.3.1. Critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : Bus inter-stations : 12.8 km (400m entre deux stations successives).

Bus périphérique : 10 m.

Inter-loop : 100 (capteurs et actionneurs).

Topologie : Anneau..

Temporels

Vitesse de transmission : Bus inter-stations : 500 kbit/s.

Bus périphérique : 300 kbit/s.

Inter-loop : 500 kbit/s.

Temps de réaction maximal : Calculable. Dépend directement du nombre d'abonnés.

Autres

Nombre maximum d'équipements : Bus inter-stations : carte maître et 256 points de connexion. 512 modules (4096 E/S) dont maximum 8 par bus périphérique.

Inter-loop : 64 équipements maximum.

Efficacité du protocole : de 10% (1 équipement, 8 bits de données) à 98% en fonction du nombre de données utiles.

Détection d'erreurs : - CRC
- Vérification des longueurs

5.4.3.2. Critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1, 2, 7

Certification : Institut Fraunhofer Karlsruhe.

Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : Quelques fabricants, quelques composants.

Autres

Diffusion, nombre d'installations : + de 125 000 applications

+ De 1 700 000 de composants produits

Perspectives pour l'avenir : Grande acceptation du marché, en expansion.

5.5. Réseau LON

Le réseau LON (Local Operating Network) a été créé en 1991 par la société ECHELON avec un objectif de couvrir tous les secteurs d'utilisation des réseaux de terrain, qu'il s'agisse des procédés continus, des applications manufacturières, des applications domotiques ou embarquées dans les véhicules. Il résulte d'une approche consistant à offrir des composants indépendamment de la normalisation.

LON est la technique la plus répandue, en Amérique du Nord, de tous les bus de capteurs implantés dans l'industrie. Il est également assez utilisé en Europe. Il est quasiment leader du marché en gestion technique de bâtiment et domotique... en forte croissance.

5.5.1. Architecture de LON

Il est le seul bus de terrain à mettre en oeuvre les 7 couches du modèle OSI.

Application	Associations point à point ou multipoint pour échanger des données selon le modèle producteur-consommateur(s) Variables standards appelées SNVT (Standard Network Variable Type) définies très précisément (types prédéfinis comme température, pression, heure, représentant à peu près toutes les grandeurs physiques usuelles, unités, intervalle dans lequel les valeurs sont prises et discrétisation utilisée dans la conversion analogique numérique)
Session	Elle peut être considérée comme une sous-couche de la couche application. Le service de base de cette couche est en effet un service Request Réponse du type client serveur
Transport	Remise en ordre des paquets. Fragmentation réassemblage
Réseau	Mécanisme de routage
Liaison	Service en point à point ou en multipoint, avec ou sans accusé de réception. Mac basé sur le CSMA avec éventuellement des priorités.
Physique	Topologie de bus et d'arbres. Supports de transmission suivants :lignes électriques, radio, paire torsadée.

5.5.2 Couche Physique

Le réseau LON autorise des topologies très diverses, bus, arbres et maillées. Différents supports peuvent être utilisés, une paire torsadée ou non, le réseau électrique, du coaxial, des liaisons infra rouges, de la fibre optique ou des liaisons radios. Les débits sont fonctions des distances et des supports. Ils vont de quelques Kbits/s à 1.25 Mbits/s sur une paire torsadée de 300 m.

5.5.3 MAC

Le Medium Access Control est une variante de CSMA-CD. Avant la normalisation d'Ethernet, de nombreuses variantes de CSMA avaient été étudiées.

Une catégorie de ces variantes consistait pour chaque station désirant émettre à ne pas rester en permanence à l'écoute du support quand la porteuse était détectée. Pour ce faire chaque station « tire au sort » avec une certaine probabilité le délai au bout duquel elle a le droit de se remettre à écouter. On appelle ces variantes CSMA-CD P persistant.

Une autre catégorie de variantes fut connue sous le nom de « slotted Ethernet ». Cette variante consistait à partager le temps d'accès au support en intervalles de temps et de ne commencer une transmission qu'en début d'intervalle.

C'est un système combinant ces deux techniques qui sont utilisé par LON. Il est appelé CSMA prédictif p-persistant. Il utilise une certaine connaissance de la charge du réseau. Avant d'émettre une station attend un délai dans une fenêtre (0,W).

Il s'agit vraiment d'un protocole de type CSMA-CA (on tente d'éviter les collisions, mais on en subit tout de même). Les échanges sont soit en point à point, en multipoint ou en diffusion général.

5.5.4.LLC

La couche LLC offre des services confirmés ou non, selon les techniques d'adressage du protocole MAC, c'est à dire en point à point, en multipoint ou en diffusion.

5.5.5.Couche application

La couche application gère des associations point à point ou multipoint pour échanger des variables selon le modèle producteur-consommateur.

Un des intérêts de LON réside dans la définition des SNVT (Standard Network Variable Type) définies très précisément (types prédéfinis comme température, pression, heure, représentant à peu près toutes les grandeurs physiques usuelles, unités, intervalle dans lequel les valeurs sont prises et discrétisation utilisée dans la conversion analogique numérique). Cette technique a depuis été reprise dans de nombreux autres réseaux essentiellement dans les définitions de profils, ou de guide d'interopérabilité.

LON est un réseau essentiellement répandu dans les applications en domotique. L'ensemble des protocoles est implanté dans un circuit intégré. Un des avantages de LON fut lié à la définition des SNVT qui favorisait l'interopérabilité d'équipements hétérogènes, mais depuis la plupart des autres réseaux ont résolu ce problème par la définition des normes d'accompagnement. C'est un réseau qui offre comme CAN ou WORLDVIEW une forme de gestion de base de données distribuées.

5.5.6.Critère de comparaison de LON

5.5.6.1.Critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : 6.1 km à 5 kbits/s

Topologie : Dépend du médium :bus ou topologie libre..

Temporels

Vitesse de transmission : Maximum 1.25 Mbits/s, typiquement 78 kbits/s

Temps de réaction maximal : indéfini (bus non déterministe)

Autres

Nombre maximum d'équipements : 32385 par domaine (255 sous réseau de 127 stations)

Efficacité du protocole : de 6% à 93% en fonction du nombre de données utiles

Détection d'erreurs : - CRC

5.5.6.2.Critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1,7

Certification : Société Echelon.

Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : 2 fabricants, 4 composants.

Autres

Diffusion, nombre d'installations : Nombreuses applications bâtiments, énergétique.

Perspectives pour l'avenir : Décentralisation \Rightarrow Attente d'un marché en forte croissance.

5.6. Réseau ASI

ASI (Actuator Sensor Interface) est un réseau issu d'un développement commun de onze fabricants de capteurs/actionneurs et de systèmes de commande et de deux instituts universitaires. Ce réseau est né du besoin de disposer d'un réseau d'entrées-sorties TOR.

5.6.1. Architecture du réseau ASI

On peut considérer que le réseau ASI est constitué des couches physique, liaison et application. Mais le réseau est si simple que la distinction entre couche liaison et application est assez artificielle.

5.6.2. Couche Physique

Le support est un câble non blindé de longueur maximale 100 m sans répéteur et de 400 m avec 3 répéteurs au maximum. Les raccordements se font par prise « Vampire ». La téléalimentation est assurée par un courant continu. Le signal est superposé par une technique APM (Alternate Pulse Modulation). Les topologies possibles sont celles en bus et en étoile, avec un débit de 167 kbits/s. 31 stations peuvent être raccordées.

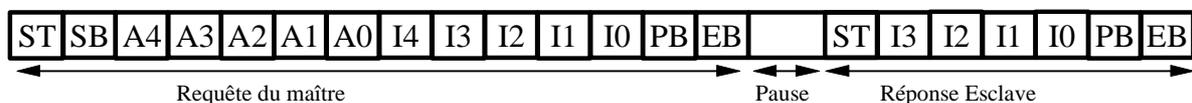
La technique APM (Amplitude Pulse Modulation) consiste à la superposition des données sur la ligne qui apporte l'énergie vers les esclaves. En effet, chaque station émet en variant son impédance sur la ligne, ainsi elle génère des pulsations spécifiques qui vont être transformées en des variations de tension qui vont être détectées par les autres stations.

5.6.3. MAC

Le réseau ASI est un réseau Maître/Esclave. La scrutation systématique de tous les esclaves à lieu à chaque cycle. La période de scrutation est au maximum de 5 ms avec 31 esclaves.

Un échange a la structure suivante:

Une trame de la station maître vers chaque station esclave. La trame a une longueur de 14 bits avec une adresse sur 5 bits et 5 bits de données.



- ST : Bit de Start
- SB : Bit de contrôle
- A4...A0 : Adresse des esclaves
- I4...I0 : Informations
- PB : Bit de Parité
- EB : Bit de Stop

5.6.4.LLC

Sur chaque trame, la détection d'erreur est assurée par un bit de parité. En cas d'erreur, l'échange est répété immédiatement. En cas de nouvelle erreur, elle est répétée aux cycles suivants. Trois erreurs consécutives entraînent la déconnexion de la station esclave.

Les services sont uniquement l'écriture et la lecture de données dans une station esclave à partir du maître. Toutefois, selon la requête émanant du maître, l'esclave peut distinguer les données et les paramètres (un bit de contrôle dans la trame maître).

A chaque cycle complet, une trame peut servir à la gestion des stations, au paramétrage, à la fixation d'adresse.

5.6.5.Couche application

Si on excepte les trames de configuration émises aléatoirement vers l'une ou l'autre des stations à raison d'une par cycle au maximum, seul le trafic périodique est possible. Nous distinguons les services de la couche d'application de ceux de la gestion du réseau.

5.6.5.1.Services applicatifs

Deux services d'écriture et de lecture périodique des données sont directement fournis par la couche liaison de données.

5.6.5.2.Services de gestion

Les services de gestion servent à la station maître à gérer les stations esclaves. On peut configurer l'adresse d'une station esclave, par émission d'une trame avec l'adresse 0, suivie de l'adresse réelle comme valeur de données.

Un bit de contrôle permet de définir dans la trame émise par le maître, si les données sont des valeurs de sortie ou des valeurs de paramètres, utilisés pour la configuration et la gestion de réseau.

Le réseau ASI est un réseau pour connecter d'abord des entrées-sorties TOR. Même si d'autres types de capteurs ou d'actionneurs peuvent être théoriquement raccordés, ce réseau n'est pas adapté, car fragmenter une mesure sur 8 bits en deux trames ne peut être qu'un cas exceptionnel.

Un des intérêts de ASI est la technique de câblage et l'affectation automatique des adresses qui donne une grande flexibilité en maintenance.

5.6.6.Critère de comparaison de ASI

5.6.6.1.Critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : 100 m, 300 m avec 2 répéteurs

Topologie : Libre

Temporels

Vitesse de transmission : 137 kbit/s

Temps de réaction maximal : $0.16 * \text{nb d'esclaves ms}$ (1 ms pour 6 esclaves, 5 ms pour 31 esclaves)

Autres

Nombre maximum d'équipements : 1 maître, 31 esclaves, 2 répéteurs.

Efficacité du protocole : 38% max (8 bits sur 21). I4 du maître distingue entre données et paramètre

Détection d'erreurs : - codage NRZ, Manchester

■ Parité

5.6.6.2.Critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1,2,7

Certification : Laboratoire accrédité ou bureau de certification de l'association AS-International.

Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : 1 fabricant, d'autres solutions à l'étude.

Autres

Diffusion, nombre d'installations : 69 entreprises dans AS-International = 80% du marché des capteurs, 45% du marché des actionneurs.

Perspectives pour l'avenir : Croissance importante prévue.

D'après l'étude effectuée, on constate que le réseau CAN est le réseau de l'avenir, vu son expansion et sa simplicité. En plus du fait de son utilisation croissante dans le secteur automobile, les prix des composants CAN ne peuvent que baisser

6. Les annexes

6.1. Tableau comparatif des différents réseaux

	CAN	Profibus	LON	Worldfip	ASI	Interbus
Longueur Maximale	1000 m à 50kbits/s - 40 m à 1 Mbit/s Pas de répéteurs	FMS : 4800 m , 3 répéteurs PA : 1900 m , 3 répéteurs DP : 9600 m , 7 répéteurs	6.1 km à 5 kbits/s	4000 m (avec 3 répéteurs)	100 m, 300 m avec 2 répéteurs	-Bus inter stations 12.8km -Bus périphérique 10m -Inter-Loop 100 capteurs et actionneurs
Topologie	Bus avec résistance de terminaison de ligne	Bus avec résistance de fin de ligne	Bus ou topologie libre	Bus ou étoile	Libre	Anneau
Vitesse de Transmission	- 1 Mbit/s au maximum - 20 Kbits/s au minimum	FMS : 9.6 à 500 kbits/s PA : 93.75 kbits/s DP : 9.6 kbits/s à 1.5 Mbits/s. 12 Mbits/s (Siemens)	Maximum 1.25 Mbits/s, typiquement 78 kbits/s	1 Mbits/s	137 kbits/s	Bus inter stations 500 kbits/s Bus périphérique 300kbits/s Inter-Loop 500kbits/s
Temps de réaction Maximale	Indéfinie (Bus non déterministe)	Calculable.	Indéfinie (Bus non déterministe)	- aucun pour les variables périodiques - dépend de l'état du bus pour les variables apériodiques	0.16 * nb d'esclaves ms	Calculable.
Nombre maximum d'équipements	- 32 stations avec RS485 - Pas de limitation par le mode d'adressage	127	32385 par domaine (255 sous réseaux de 127 stations)	256	1 maître, 31 esclaves ; 2 répéteurs	Bus inter-stations : maître et 256 points de connexion. 512 modules dont 8 maximum par périphérique Inter-Loop :64 équipements maximum
Efficacité protocole	de 0% à 53%	de 0% à 70%	de 6% à 93%	de 3% à 85%	38% max	de 10% à 98%
Détection	- CRC	CRC	CRC	- Détection de la durée	- Codage	-CRC

d'erreurs	- Format Check - Bit Chek			d'occupation - Contrôle Trame - Surveillance des identifiieurs	NRZ, Manchester - Parité	- Vérification des longueurs
Couche OSI	-1,2,7	1,2,7	1,2,3,4,5,6,7	1,2,7	1,2,7	1,2,7
Certification	Disponible ou en préparation pour CANOPEN, SDS et DEVICENET	Institut Fraunhofer Karlsruhe WZL Aachen FZI Karlsruhe	Société Echelon	Centre technique WORLDFIP	Laboratoire accrédité ou bureau de certification de l'association AS-International	Institut Fraunhofer Karlsruhe
Composants	22 fabricants	8 fabricants, une vingtaine de composants	2 fabricants, 4 composants	4 fabricants, une dizaine de composants	1 fabricant. D'autres solutions à l'études	Quelques fabricants, quelques composants
Diffusion, nombre d'installations	Europe, USA, Japon + de 9 000 000 de noeuds dans l'automobile + de 6 000 000 de noeuds dans les automatisme industriels	Peu d'installations FMS, pas de données pou PA, 700 000 applications DP	Nombreuses applications bâtiments, énergétiques	France, Italie, Angleterre, Amérique du nord 350 000 noeuds installés	69 entreprises dans AS-International =80% du marché des capteurs, 45% du marché des actionneurs	+ de 125 000 applications + de 1 7 000 000 de composants produits
Perspectives pour l'avenir	- Composants bon marché - Beaucoup de fournisseurs - Beaucoup d'applications	Evolution du DP par rapport à FMS	Décentralisation => attente de marché en forte croissance	Utilisés par plusieurs sociétés, nombre de noeuds installés est inférieur aux autres bus	Croissance importante prévue	Grande acceptation du marché, en expansion

6.2. Tableau comparatif des prix des composants de la couche 1

	Référence produit	Prix
CAN	Max3053	1.51\$
Profibus	Max3460, Max3464	2.92\$
Interbus	SN75172	1.54\$
LON		
ASI	ASI-PS alimentation désignée pour la communication réseau	
Profibus		

Glossaire

OSI	:Open System Interconnection
MAC	:Medium Access Control
CSMA	:Carrier Sense Multiple Access
CSMA/CD	: Carrier Sense Multiple Access /Collision Detection
CSMA/CA	: Carrier Sense Multiple Access /Collision Avoidance
CSMA/BA	: Carrier Sense Multiple Access /Bit Arbitration
TDMA	:Time Division Multiple Access
THT	:Token Holding Time
LLC	:Logical Link Control
MMS	:Manufacturing Message Specification
SNMP	:Simple Network Management Protocol
MIB	:Management Information Base
MPS	:Messagerie Périodique & Apériodique Spécification
CIAME	:Comité Interprofessionnel pour l'Automatisation et la mesure
RLI	:Réseaux Locaux Industriels
CAN	:Controller Area Network
CAN-L	:Controller Area Network Low
CAN-H	:Controller Area Network High
NRZ	: Non Return to Zero
Worldfip	: WORLD Factory Instrumentation Protocol
FIFO	: First In First Out
Profibus	: PROCESSFIELDBUS
Profibus/FMS	:ProcessFieldBus / Field Message Specification
Profibus/DP	:ProcessFieldBus /Distributed Periphery
Profibus/PA	:ProcessFieldBus /Process Automation
SDA	:Send Data With Acknowledge
SRD	:Send and Request Data with Reply
CSRD	:Cyclic Send and Request Data with Reply
SDN	:Send Data with No acknowledge
ALI	:Application Layer Interface
VFD	:Virtual Field Device
FMA	:Fieldbus Message Application
LLI	:Lower Layer Interface
LON	:Local Operating Network
SNVT	:Standard Network Variable Type
ASI	:Actuator Sensor Interface
APM	:Alternate Pulse Modulation
TOR	:Tout Ou Rien
TCP/IP	:Transmission Control Protocol/Internet Protocol