

Introduction aux Réseaux Locaux Industriels

I. Critères de comparaison entre RLI.....	3
I.1. Les critères techniques	3
I.1.1. <i>Topologiques</i>	3
I.1.2. <i>Temporels</i>	3
I.1.3. <i>Autres</i>	3
I.2. Les critères stratégiques	3
I.2.1. <i>Standards</i>	3
I.2.2. <i>Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services</i>	4
I.2.3. <i>Autres</i>	4
II. Présentation rapide de quelques RLI.....	4
II.1. WorldFip	4
II.2. CAN (Control Area Network)	5
II.3. Interbus	6
II.4. Profibus	7
II.5. LON	7
II.6. AS-Interface	8
II.7. Bitbus	9
II.8. ARCNET	11

On peut distinguer trois types de réseaux en fonction des distances entre les équipements informatiques :

- Les réseaux longue distance (Wide Area Network) : > 100km
 - Les réseaux métropolitains (Metropolitan AN) : > 1km
 - Les réseaux locaux (Local AN) : < 1km
- RLI : Réseaux Locaux Industriels

La notion de couches (déjà vue)

Le modèle OSI (Organisation de Standardisation Internationale) propose une organisation en sept couches pour les réseaux. Rappel succinct des différentes couches :

La couche 1 (couche physique) : Elle décrit les règles mécaniques et électriques d'accès au média (représentation physique des données, encodage, vitesse et type de transmission, type de média et topologie (maillage)).

La couche 2 (la liaison de données) : Elle détecte et corrige les erreurs de transmission, établit les connexions logiques entre les entités.

La couche 3 (le réseau) : Elle définit les mécanismes du routage c'est à dire de transfert des paquets d'information d'une station à l'autre (possède un répertoire des adresses des points du réseau, gère l'adresse réseau de son système, définit en collaboration avec les autres noeuds les circuits de dialogue utilisés, établit la relation entre la destination des données et les liaisons de son système).

La couche 4 (le transport) : C'est la frontière entre le monde de la transmission (couches 1, 2 et 3) et celui de l'application (couches 5, 6 et 7). Elle définit les protocoles permettant de garantir les transferts de messages "longs" avec un maximum de sécurité (détection de perte d'information, segmentation des messages, contrôle des erreurs, contrôle de flux).

La couche 5 (la session) : Elle offre les moyens d'organiser et de synchroniser le dialogue entre abonnés.

La couche 6 (la représentation) : Elle présente les données dans un format reconnaissable par l'application (conversion de codes ou de formats de données, sélection de la syntaxe, compression et cryptage des données).

La couche 7 (l'application) : Son rôle est de fournir aux applications résidentes tous les moyens de dialogue. Il s'agit par exemple d'une interface utilisateur.

Le modèle OSI gère les grands réseaux à commutation de paquets. Le temps n'a pas été pris en compte. Pour les réseaux locaux, la notion de temps réel est un point très important. La couche physique est indispensable à la communication. La couche liaison de données aussi pour la détection des erreurs. Les couches réseaux et transport ont été définies pour gérer les problèmes des paquets qui transitent par des stations intermédiaires : elles n'ont plus lieu d'être pour les RLI car toutes les stations sont interconnectées. La couche session permet l'échange d'une grande quantité d'information, ce qui n'est pas le cas pour les RLI. La couche présentation peut être figée et non dynamique ce qui la rend transparente. La couche application reste évidemment nécessaire.

Il en résulte un modèle (IEEE 802) à **trois couches** :

Physique

Liaison : MAC (contrôle d'accès au médium) : Règle les accès au support de communication (aléatoire CSMA/CD, par consultation, jeton).

LLC (contrôle de liaison logique) : utilise la couche de contrôle d'accès au médium pour offrir à l'utilisateur des services tels que l'émission et la réception de trames, l'établissement et la

fermeture des connexions logiques, la détection des erreurs de séquençement de trames et le contrôle de flux.

Application

Objectifs : Présentation d'exemples de RLI. Deux étapes :

- Critères de comparaisons et présentations rapides de quelques exemples.
- Présentation plus complètes de certains RLI :
 - Liaison série : communication de base.
 - WorldFip : système maître/esclave.
 - CAN : système multi maître.
 - Interbus : système maître/esclave.
 - Unitelway : mémoire partagée.

Moyens : Cours/TD.

I.Critères de comparaison entre RLI

Le CIAME (Comité Interprofessionnel pour l'Automatisation et la Mesure) propose un ensemble de critères (46) pour la comparaison des RLI. Ils sont répartis en deux sous-groupes :

I.1.Les critères techniques

I.1.1.Topologiques

Longueur maximale : Longueur maximum 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.

I.1.2.Temporels

Vitesse de transmission : Vitesse de transmission physique maximale possible pour le réseau. Différente du débit réel dépendent de l'efficacité du protocole.

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.

I.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 : $\frac{LU}{LT} \times 100\%$ 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...)

I.2.Les critères stratégiques

I.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).

I.2.2. Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : Disponibilité des composants existants, spécifications des fabricants.

I.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.

II. Présentation rapide de quelques RLI

Pour chaque réseau, deux points seront abordés :

- Protocole d'échange.
- Critères de comparaison.

II.1. WorldFip

Il sera étudié plus en détails par la suite. Les échanges sont basés sur le modèle Producteur-Consommateur avec un mécanisme de diffusion. Le contrôle d'accès au réseau est réalisé par un arbitre de bus. Un cycle d'accès au réseau est décomposé en trois phases :

- Trafic périodique des variables : L'arbitre du bus demande à chaque producteur de diffuser la variable qu'il possède en fonction d'une fréquence préétablie. La variable étant produite, tous ses consommateurs en prennent connaissance.
- Trafic aperiodique des variables : Chaque producteur peut effectuer une requête de variable aperiodique à chaque production. En fonction du temps disponible, le maître de bus donne la parole à ce producteur pour sa requête.
- Trafic aperiodique des messages : Même mécanisme que pour les variables.

Les critères de comparaison

Les 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 prédéfini.
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 de nombre de données utiles.

Détection d'erreurs :
- Détection de la durée d'occupation
- Contrôle de trame (Check)
- Surveillance des identifiants (identifiant demandé = identifiant émis).

Les critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1, 2, 7

Certification : S'adresser au centre technique 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.

II.2.CAN (Control Area Network)

Créé pour les applications automobiles. Il sera étudié plus en détail par la suite. C'est un réseau multi-maîtres de type producteur-consommateur. Chaque message envoyé sur le réseau est repéré par un identificateur. Plusieurs stations peuvent lire le même message. L'accès au bus repose sur un arbitrage de type CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution).

Les critères de comparaison

Les critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : 1000m à 50kbit/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, 20kbit/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.

Les critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1, 2, 7

Certification : Disponible ou en préparation pour CANopen, 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 9 000 000 de noeuds installés dans l'automobile.
+ de 6 000 000 de noeuds installés dans les automatisme industriels.

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

Perspectives pour l'avenir :

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

II.3.Interbus

Spécialisé pour gérer les E/S dans des applications d'automates programmables. Il sera étudié plus en détail par la suite. Il possède un protocole mono-maître/multi-esclaves optimisé pour les transmissions numériques. Toutes les informations transitent par le maître : modèle Producteur-Distributeur-Consommateur. Il est organisé comme un registre à décalage.

Les critères de comparaison

Les 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 :	1 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 de nombre de données utiles.

Détection d'erreurs :

- CRC
- Vérification des longueurs

Les 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.

II.4.Profibus

Il existe trois normes : FMS, PA et DP. Il s'agit de systèmes multi-maîtres/multi-esclaves basés sur une structure d'anneau logique. L'accès au bus est régi par un mécanisme hybride combinant le passage d'un jeton tournant entre les maîtres et la scrutation cyclique des esclaves. Chaque maître détient le jeton pendant un laps de temps prédéfini. Il traite alors des données cycliques puis des données acycliques (demandées par l'application). Le protocole PA permet qu'une réponse d'un esclave soit un message de type diffusion et non pas seulement adressé au maître.

Les critères de comparaison

Les 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 kbit/s à 500 kbit/s.
PA : 93.75 kbit/s.
DP : 9.6 kbit/s à 1.5Mbit. 12 Mbit/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 de nombre de données utiles.

Détection d'erreurs : - CRC

Les 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 de DP par rapport à FMS ?

II.5.LON

Créé pour l'automatisation des bâtiments, la productique... Il s'agit d'un réseau multi-maîtres avec le protocole d'accès CSMA/CA. Les messages peuvent être lus par plusieurs stations qui ont un temps donné pour y répondre. Ce temps dépend du nombre de stations concernées. Il est géré

dynamiquement à chaque transaction. Le réseau est optimisé pour des messages de petite taille (20 octets). Certains noeuds peuvent envoyer des messages prioritaires.

Les critères de comparaison

Les critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : 6.1 km à 5 kbit/s.

Topologie : Dépend du médium : bus ou topologie libre.

Temporels

Vitesse de transmission : Maximum 1.25 Mbit/s, typiquement 78 kbit/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

Les 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 bâtiment, énergétique.

Perspectives pour l'avenir : Décentralisation => Attente d'un marché en forte croissance.

II.6.AS-Interface

Développé pour la gestion de capteurs et d'actionneurs. Il s'agit d'un système maître/esclave. Les esclaves sont interrogés par scrutation cyclique. Un échange a la structure suivante (Figure 1) :

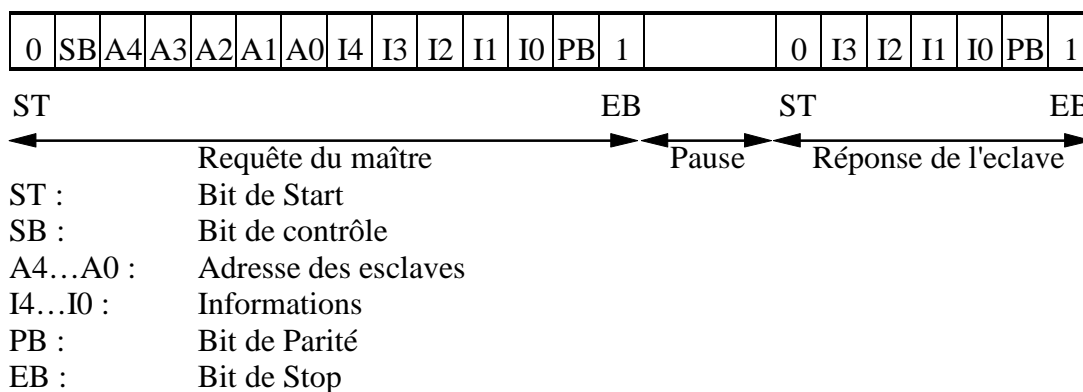


Figure 1 : Structure d'un échange AS-I.

Les critères de comparaison

Les 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 : $0.16 \cdot \text{nb d'escales}$ 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

Les critères stratégiques

Standards

Couches OSI : Non applicable.

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.

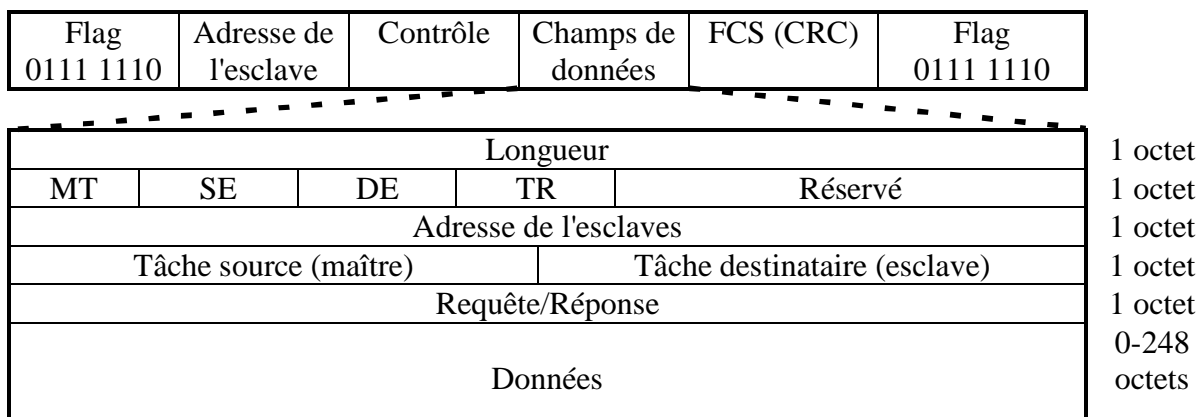
Autres

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.

[II.7.Bitbus](#)

A l'origine, système de liaison entre deux processeurs. Devenu ensuite standard industriel (norme IEEE-1118) : bus de terrain ouvert, accessible au public. Protocole Mono-maître/Multi-esclaves. Toutes les communications passent par le maître. Utilisation du protocole SDLC (Figure 2) :



MT : Type de Message (Requête/Réponse)

SE : Source Extension

DE : Destination Extension

TR : Track (envoi de messages réservés)

Figure 2 : Protocole SDLC.

Les critères de comparaison

Les critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : 13.2 km pour 62.5 kbit/s, 10 répéteurs.

Topologie : Bus ou arborescente avec répéteurs.

Temporels

Vitesse de transmission : De 62.5 kbit/s à 375 kbit/s. 1.5 Mbit/s (fibre optique).

Temps de réaction maximal : Dépend de la vitesse de transmission, de la longueur des données utiles, du nombre d'équipements, du nombre de noeuds interrogés...

Autres

Nombre maximum d'équipements : 1 maître, 250 esclaves, 10 répéteurs.

Efficacité du protocole : 0% à 96%.

Détection d'erreurs : - CRC

Les critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1, 2, 7.

Certification : En projet.

Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : 6 fabricants, 10 composants.

Autres

Diffusion, nombre d'installations : Nombreuses installations, domaines variés (radio, télévision).

Perspectives pour l'avenir : Nombre d'installations inférieur aux autres systèmes.

II.8.ARCNET

Lancé par la société américaine Datapoint comme réseau local d'ordinateurs. Moins rapide qu'internet (2.5 Mbit/s) mais déterministe (applications industrielles). Protocole d'accès au médium avec un jeton tournant. Le protocole utilise 5 types de trames :

- Invitation à transmettre (ITT : Invitation to TransmiT) : Transmission du jeton aux différents abonnés.

Alert Burst	EOT	DID	DID
-------------	-----	-----	-----

L'adresse est transmise deux fois (DID) car pas de CRC.

EOT : End Of Transmission

DID : Destination ID

- Demande de tampon vide (FBE : Free Buffer Enquiry) : Initiation d'une transmission avec un autre abonné.

Alert Burst	ENQ	DID	DID
-------------	-----	-----	-----

ENQ : Enquiry

- Transmission de données (PAK : Data PacKet) : Trame de données.

Alert Burst	SOH	SID	DID	Count	SC	Data 1-507 octets	CRC	CRC
-------------	-----	-----	-----	-------	----	-------------------------	-----	-----

SOH : Start Of Header

SID : Source ID

Count : Nombre d'octets de données

SC : System Code

- Confirmation positive (ACK : ACKnowledgement) : Transmission réussie.

Alert Burst	ACK
-------------	-----

- Confirmation négative (NAK : Negative AcKnnowledgement) : Erreur de transmission.

Alert Burst	NAK
-------------	-----

Les critères de comparaison

Les critères techniques

Topologiques

Longueur maximale : 1.220 km pour une paire torsadée avec répéteur.
2 km pour la fibre optique.
6 km pour du câble coaxial ; augmentation possible grâce à des répéteurs.

Topologie : Bus, étoile ou anneau.

Temporels

Vitesse de transmission : De 30 kBit/s à 10 Mbit/s.

Temps de réaction maximal : Peut être calculé => temps réel.

Autres

Nombre maximum d'équipements : 255

Efficacité du protocole : Jusqu'à 71%.

Détection d'erreurs : CRC
ACK et NAK

Les critères stratégiques

Standards

Couches OSI : 1, 2, 7.

Certification : Aucune.

Disponibilité de composants, de logiciels et de prestation de services

Composants : 1 fabricant, 4 composants.

Autres

Diffusion, nombre d'installations : 7 000 000 d'installations.

Perspectives pour l'avenir : Déjà très répandu. La diffusion devrait encore s'accroître.